Lane Medical Library

Aus dem Pathologischen Institut der Universität Heidelberg
Vorstand: Prof. Dr. A. Schmincke

Ueber die Pathologie des elektrischen Unfalls mit einem eigenen Fall von Spättod durch Blitzschlag

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

einer

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Ruprecht-Karls-Universität

zu

Heidelberg

Vorgelegt von

BRITA BEUTINGER

aus Heilbronn a. N.

1933

Buchdruckerei Albert Becht, Tübingen, Hirschgasse 16

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Heidelberg

Dekan:
Prof. Dr. Siebeck

Referent:
Prof. Dr. Schmincke

1933

Meinen lieben Eltern gewidmet!

Der nachstehende Fall von Spättod nach Blitzschlag, eine Beobachtung des pathologischen Instituts Heidelberg, die mir von Herrn Professor Schmincke zur Publikation übergeben wurde, verdient wegen seiner besonderen Verhältnisse allgemeines Interesse. — Ehe ich ihn in seinen Einzelheiten schildere und die Gründe für die Stellungnahme, die bei der gutachtlichen Beurteilung maßgeblich erschienen, im Einzelnen bespreche, nehme ich Gelegenheit im Ueberblick das zusammenzufassen, was über die Wirkung von elektrischen Schäden, besonders des Blitzes und die dadurch hervorgerufenen pathologischen Veränderungen z. Zt. bekannt ist.

Dabei folge ich der Einteilung:

1. Luftelektrizität, Art ihrer Wirkung und pathologischen Veränderungen.
2. Blitz, Art seiner Wirkung und pathologischen Veränderungen.
3. Technische Elektrizität.
4. Allgemeine Ursachen und Umstände, welche elektrischen Strom wirksam machen.
5. Allgemeine physiologische und pathologische Wirkungen des elektrischen Stromes.
6. Hautveränderungen mit besonderer Berücksichtigung der elektrischen Strommarken.
7. Veränderungen an Herz, Gefäßen und Zentralnervensystem durch den elektrischen Strom.
8. Tod durch Elektrizität.

Es folgt dann der eigene Fall von Spättod durch Blitzschlag.

Wir haben bei elektrischen Schäden solche durch zwei Arten von Elektrizität hervorgerufene zu unterscheiden:

1. durch die atmosphärische oder Luftelektrizität, deren bekannteste Erscheinung der Blitz ist;

2. durch die technische Elektrizität, die uns täglich in ihren verschiedensten Formen begegnet.

Luftelekrizität.

Zunächst will ich nun das über die Luftelektrizität Bekannte zusammenfassen und dann deren Wirkung auf den Menschen darlegen.

Die Erde ist ein elektrisches Feld, dessen elektrische Ströme an der Oberfläche vom Nord- und Südpol ausgehen. Die Erdoberfläche und jedes Objekt auf der Erde hat eine elektrische Ladung, die unregelmäßig, manchmal auch periodisch, schwankend ist. Diese Oberflächenladung geht nun ständig von der Erdoberfläche auf die Luft über und lädt diese elektrisch. Die Erdladung bleibt durch Zufuhr neuer Elektrizitätsmengen erhalten, man nimmt an von radioaktiven Substanzen herrührend. Bei schönem Wetter ist die Luft positiv elektrisch geladen, gegenüber der negativen Erdoberfläche, und zwar ist die Spannung eines Punktes der Luft um so größer, je höher er vom Erdboden entfernt ist. Alle Punkte in gleicher Höhe von der Erdoberfläche haben gleiche Spannung, sie bilden sogenannte Potentialflächen. Da nun die Erdoberfläche ständig Elektrizität an die Luft abgibt, so entstehen an den verschiedenen Potentialflächen Gefälle, d. h. es fließt Elektrizität.

Bei der Luftelektrizität sind zwei Faktoren wichtig.

1. Die Leitfähigkeit.

Die Luft besitzt eine gewisse, sich ändernde Leitfähigkeit, die den Transport der Elektrizität durch Jonen bedingt und zwar vertikal von der Erde weg. Die Leitfähigkeit ist abhängig von der Zahl und der Beweglichkeit der Jonen. Auch hat das Wetter Einfluß auf die Leitfähigkeit. Die Elektrizitätsträger sind bei Rauch und Dunst groß und unbeweglich; so ist also die Leitfähigkeit bei schlechtem Wetter kleiner und bei gutem Wetter größer. Sie nimmt mit der Höhe zu.

2. Potentialgefälle.

Das Potential ist die Arbeit, die man braucht, um eine bestimmte Elektrizitätsmenge von einem Punkt zur Erde zu bringen. Jeder Punkt eines den Boden überragenden Körpers hebt die Potentialflächen in die Höhe, so entsteht ein erhöhtes Potential am höchsten Punkt. Hier findet dann am leichtesten ein Ausgleich bei der Entladung statt. Einem großen Potentialgefälle entspricht im allgemeinen eine kleine Leitfähigkeit. Das luft-

elektrische Potentialgefälle ändert sich bei einer Aenderung des Erdfeldes.

Sind nun sehr große Spannungsunterschiede zwischen Wolken und Erde oder zwei Wolken, d. h. erreicht die Spannung zwischen zwei entgegengesetzten Ladungen einen gewissen Wert, so tritt eine Entladung ein. Diese Entladungen sind die Spitzenentladungen (St. Elmsfeuer) und der Blitz.

Die Blitzentladung ist die bekannteste luftelektrische Entladung. Hierbei kann das Potentialgefälle bis zu 40 000 Volt ansteigen. Die Entladung nimmt ihren Weg je nach Beschaffenheit der Luftmassen in Krümmungen und im Zick-Zack. Man hat aber festgestellt, daß es sich nicht um eine einzige Entladung handelt, sondern um Haupt- und Nebenentladungen. Auf der photographischen Platte entsteht das Bild eines Flusses mit einer Unmenge Nebenarme. Diese Entladung erfolgt unter Lichterscheinungen. Der Blitz sucht den Weg des geringsten Widerstandes, d. h. die Summe aller Widerstände zwischen Wolke und Erde, wo der Ausgleich stattfindet, soll ein Minimum werden.

Die Wolken haben teils positive und teils negative Elektrizität. Böen und Gewitterwolken wechseln das Vorzeichen sehr rasch und oft.

Die luftatmosphärische Elektrizität wirkt auf den Menschen in verschiedener Weise. Die Höhe des elektrischen Gehaltes der Luft wird nicht als unangenehm empfunden, sondern das Ueberwiegen von negativ elektrisch geladener Luft gegenüber positiv geladener oder umgekehrt. So fühlen wir uns bei positiv geladener Luft und geringem Potentialgefälle frisch: Schönwetterelektrizität.

Negativ geladene Luft dagegen wird als schwül und unangenehm empfunden. Es treten Kopfschmerzen, Atembeschwerden, Blutdruckerniedrigungen, vasomotorische Störungen und Herzerscheinungen bei wetterempfindlichen Menschen auf. Man hat auch Beziehungen zwischen Schlaftiefe und Luftelektrizität festgestellt. Die größere elektrische Leitfähigkeit der Luft entspricht der größeren Schlaftiefe.

Die Adsorption der elektrisch geladenen Jonen durch die Haut ist von gleicher Größenordnung, wie die des luftelektrischen Vertikalstromes. Es sind somit zwischen der Luft und dem menschlichen Körper keine Spannungsunterschiede vorhanden. Die Adsorption kommt somit nicht als Reizwirkung zum Bewußtsein.

Empfunden wird nur der Wechsel in der Art und der Größe der Ströme; darin liegt es begründet, daß besonders auch die Häufigkeit des Stromwechsels, sowie die Stromschwankungen sich bemerkbar machen. Diese Stromschwankungen sind mit Tages- und Jahreszeit gesetzmäßig verbunden; und hiervon sind wieder die Blutdruckschwankungen abhängig. Die Stromschwankungen sind auch von der Art des Vorzeichens abhängig. Besonders sind sie an atmosphärischen Grenzflächen, also bei Gewittern, groß. Ebenso ist die Wirkung des luftelektrischen Stromes von der Jonenart abhängig. Sind diese schwerbeweglich, aus Molkomplexen aufgebaut, so dringen sie beim Atmen durch ihre Stabilität tiefer in den Körper ein. Diese Jonenstabilität wechselt mit der Wetterlage.

Die luftelektrische physiologische Reizung des Zentralnervensystems ist größer, wenn die Leitfähigkeit des Körpers durch einen pathologischen Prozeß herabgesetzt ist. Die starke elektrische Entladungstendenz bei Gewitterluft, Föhn, böigen Niederschlägen vor Schneefall löst immer bei den Menschen die gleichen Effekte aus, wie Mattigkeit, Abgespanntheit, Gefühle der Bedrückung und psychische Verstimmungen, wie z. B. Verdrossenheit. Ebenso kann dann der Mensch selbst funkenartige Entladungen zeigen. Objektive Veränderungen lassen sich hierbei nicht feststellen. Die Spannung kann bei gewittrigem Wetter von 100—10 000 Volt in einem Augenblick schwanken.

Es ist weiter bekannt, daß sich an Gewittertagen bei Epileptikern Anfälle häufen.

Die erschwerte Atmung bei Gewitter erklärt Schorer wie folgt: Er nimmt an, daß die CO_2 das Blut an der Alveolarwand nicht in molekularer Form, sondern als hochdisperse Bläschen verläßt und diese dabei durchdringt. Die Bläschen nehmen dabei Elektrizität auf. Ist diese von gleichem Vorzeichen, wie die atmosphärische Luft der Alveolen, so wird die Durchdringung derselben und somit die Atmung erschwert. (Gleichnamig geladene Teilchen stoßen sich ab: Elektrostatik.) Ebenso hat der Autor die alveoläre CO_2-Spannung bei wetterempfindlichen Leuten herabgesetzt gefunden bei negativ geladener Luft. Das vegetative Nervensystem ist von der Witterung besonders beeinflußbar. Die Luft zeigt bei Föhn große Leitfähigkeit und geringes Potentialgefälle; hierbei laden sich auch Nichtleiter auf. Die stark elektrisch geladenen menschlichen Körper zeigen

gesteigerte Vagotonie wie Mattigkeit, Beklemmungen, Müdigkeit, Kopfschmerz, starke Rötung des Gesichts und Kältegefühl. Dugge stellt sich nun durch die elektrische Aufladung eine Umänderung des vegetativen Nervensystems nach der vagotonischen Seite hin vor. Als eine Folge dieser Umänderung sieht der Autor die Herabsetzung des elektrischen Gleichstromwiderstandes der Haut bei Föhn an. Der elektrisch große Gleichstromwiderstand der Haut des menschlichen Körpers beruht auf der Polarisation des Gewebes, diese ist durch die Permeabilität der Zellmembranen, die wieder in ihrem Bestand vom vegetativen Nervensystem abhängig sind, bedingt. Die Witterung vor Föhn entspräche demnach einer Vagusreizung.

Solche vagotonischen Schwankungen vor Föhn beschreibt Moro bei der Tetanie (alkaloide Stoffwechselstörung mit erhöhter Vaguswirkung), die dann gehäuft auftritt. Also es bestand ein Einfluß des luftelektrischen Zustandes auf das vegetative System und die zentrale Erregbarkeit (Atemzentrum: Erregung, Hyperventilose, Alkalose bis zur Krampfreaktion). Ebenso können bei Föhn Lungenblutungen auftreten, die als Stauungsblutungen (der Vagus verlangsamt die gesamte Zirkulation) angesehen wurden. Ist das vegetative System geschädigt, wie z. B. bei Phthisikern, so ist der elektrische Körperwiderstand ganz konstant.

Blitz.

Diese luftelektrischen Zustände verursachen keine faßbaren anatomischen Veränderungen. Die einzige luftelektrische Erscheinung, die solche hervorruft, ist der Blitz, dessen Wirkungen auf den menschlichen Körper jetzt beschrieben werden sollen.

Zuerst mögen einige Bemerkungen über die Größenverhältnisse, die bei einer Blitzentladung vorhanden sind, Platz finden. Die Spannung in einem gasförmigen Felde erhält durch Stoßionisation eine solche Größe, bis zu 40 000 Volt, daß eine Entladung mit Lichterscheinung auftritt und zwar so, daß an der Grenzschicht zweier entgegengesetzt geladener Wolken der Blitz entsteht und sich von dort zur Erdoberfläche bohrt. Dies ist die in Deutschland herrschende Ansicht von Toepler. Diese Entladung ist nach der Art der Stromstärke und Stromdichte eine

verschieden heftige. Der häufigste Blitz ist der Linien- oder Zick-Zack-Blitz, dessen Entladung zwischen Wolken und Erde erfolgt und der deshalb allein für Unfälle am Menschen in Betracht kommt. Die beiden Formen Flächen- und Kugelblitz entstehen durch Entladung zwischen den einzelnen Wolken. Der Mensch kann also hierbei nur unter ganz besonderen Umständen z. B. im Flugzeug in die Strombahn gelangen. Der Blitzvorgang selbst ist nicht von hochfrequenter Natur, der Stromverlauf ist aperiodisch. Der Hauptstrahl kann eine Stromstärke von 10—50 000 Ampère haben. Die sämtlichen Teilentladungen eines Blitzstrahls haben eine Elektrizitätsmenge von 10 bis 100 Coulomb. Die Dauer der Blitzentladung liegt zwischen 0,5 und 20tausendstel Sekunden. Fast immer handelt es sich um Teilentladungen, die in kurzen Abständen aufeinander folgen. Man hat bis 42 Teilentladungen festgestellt. Diese Teilentladungen haben nicht alle den gleichen Einschlagspunkt, sondern können über ein Gebiet bis zu 1 qkm Größe gestreut sein. Auf diese Weise kann die Fernwirkung eines Blitzvorgangs zustande kommen, also Leute betroffen werden, die sich nicht an der Blitzeinschlagsstelle selbst aufgehalten haben. Die Strömungsrichtung ist im allgemeinen so, als ob ein negativer Strom auf die Erde fließt und erst im letzten Moment mögen gelegentlich von Erdvorsprüngen auf diesen negativen Strom zu Entladungskanälen entgegenwachsen. Die Geschwindigkeit des Blitzes soll 107 bis 108 km/sec. sein (n. Toepler). Der Weg des Blitzes soll 3—4 km betragen. Die Wirkung des Blitzes ist eine zerstörende; es kann Brand entstehen, Metallgegenstände können schmelzen, die wunderlichsten Figuren an getroffenen Materien entstehen, so auch an Mensch und Tier.

Samuel Jellinek unterscheidet zwischen echten und falschen Blitzwirkungen. Letztere sind nach ihm solche, bei denen indirekt durch Blitzwirkungen an Gegenständen, z. B. Bäumen oder durch Steinschlag im Gebirge Menschen geschädigt werden, z. B. durch Herabfallen der Aeste oder durch ein Herabstürzen der Gesteinsmassen. Bei den echten Blitzwirkungen handelt es sich um Gewebsveränderungen, die durch Uebergang von Elektrizität auf den Organismus entstehen. Jellinek spricht von direkten Blitzwirkungen, wenn der Mensch direkt vom Blitzstrahl getroffen wird und von indirekter Blitzwirkung, wenn der Mensch sekundär dadurch, daß er mit einer vom Blitze getroffenen

Elektrizitätsanlage, Fernleitung u. dergl. in Berührung kommt. Ein Mensch, der vom Blitz getroffen wurde, zeigt genau die gleichen Aenderungen an der Haut, den inneren Organen und die gleiche Sterbemechanik, wie ein Mensch, der einen elektrischen Unfall an einer technischen Starkstromanlage erlitten hat. Für den Blitz jedoch charakteristisch sind — die Blitzfiguren. Diese sind rote, leicht erhabene Linien in der Haut im Zickzack, sie zeigen blumen-, zweig- oder baumartige Verästelungen. Diese Formen entsprechen der Verbreitung des Blitzes auf der Körperoberfläche. Sie haben das gleiche Ansehen wie die Lichtenbergschen Figuren — der Elektrostatik. Die Blitzfiguren sind als die Folge einer Paralyse der Gefäße, also als vasomotorische Erscheinungen, anzusehen. Sie verschwinden nach einigen Stunden spurlos. Die Blutzfiguren blassen unter Fingerdruck ab. Es kommt vor, daß derselbe Blitz bei der einen Person nur Blitzfiguren und bei der anderen Person nur Brandwunden setzt.

Technische Elektrizität.

Die anderen Veränderungen, die bei Blitz und technischer Elektrizität in gleicher Weise auftreten, sollen zusammen beschrieben werden. Man kann bei einem elektrisch Verunglückten von den Befunden an der Leiche allein, nicht darauf schließen durch welche Art von Elektrizität (Gleichstrom, Wechselstrom, Hoch- oder Niederspannung) oder Blitz der Tod verursacht worden ist. Die Unterschiede bei Gleich- und Wechselstromwirkung sind nur graduelle. Wechselstrom wird im allgemeinen bei Berührungen als unangenehmer wie Gleichstrom empfunden, doch wird dasselbe unangenehme Gefühl bei zerhacktem Gleichstrom angegeben. Immer sind die Wirkungen die gleichen. Die Wirkung des Gleichstroms steigt mit der Intensität der Spannung, so gelten 100—150 Volt im allgemeinen nicht für gefährlich, sind aber doch vorsichtig zu behandeln; bei 200 Volt ist bereits Gefahr gegeben. Spannungen von 500 Volt und darüber können tödlich wirken. Es sind Fälle bekannt, in denen etwa 46 und 60 Volt schon tödlich gewirkt haben und andererseits sind 5000 Volt ohne Schaden vertragen worden. Bei Wechselströmen kommt als wirksamer Faktor noch die Zahl der Perioden hinzu. Je geringer die Periodenzahl eines Wechsel-

stromes ist, desto gefährlicher kann er sein. Bei geringer Periode 50 pro sec., und hoher Spannung kann eine tödliche Wirkung gegeben sein. Bei gleich hoher Spannung und hoher Frequenz ist der Gleichstrom nicht gefährlich. Dies sind dann die Ströme, die therapeutisch in der Diathermie verwandt werden. Hierfür gibt Nernst eine Erklärung. Bei dem schnellen Rhythmus hochfrequenter Wechselströme trifft nur ein Teil der Spannungsschwankungen den Körper, da die Jonenverschiebung des elektrolytisch leitenden menschlichen Körpers, besonders die semipermeablen Membranen der protoplasmatischen Zellgrenzen, so schnell nicht folgen können und deshalb überhaupt nicht reagieren.

Allgemeine Ursachen und Umstände, welche elektrischen Strom wirksam machen.

Bei Starkstrom handelt es sich um Kurzschluß oder Erdableitungswirkung bei schlechter Isolierung, wobei die Wirkung vom Schutzwiderstand der Haut abhängig ist. Von Gleichströmen wird das Herz weniger angegriffen, es treten weniger leicht Krämpfe auf. Starkströme bedingen Bewußtlosigkeit. Schwachströme lähmen das Herz, weshalb man beide abwechselnd zu Zwecken der elektrischen Hinrichtung anwendet.

Der Widerstand des Körpers steigt bei Gleichstrom zunächst an und fällt dann sekundär ab, während er bei Wechselstrom sofort gering ist. Doch sind Todesfälle nach Gleich- und Wechselstrom gleich häufig.

Bei der Wirkung des elektrischen Stroms haben wir äußere und innere Faktoren zu unterscheiden. Als Faktoren, die für die Wirkung des Stromes an sich von Bedeutung sind, sind zu nennen: die Stromart, seine Spannung und Stärke, Frequenz des Wechselstroms. Wesentlich ist bei der Stromwirkung das Vorhandensein stromverhindernder oder stromabschwächender Faktoren. Hierzu gehören: Widerstand, Strombahn, Kontaktdauer, Größe der Berührungsflächen, individuelle Disposition und psychische Momente. Es kann auch vorkommen, daß jemand in einen elektrischen Stromkreis eingeschaltet wird. Wir sprechen von 2poligem Kontakt, wenn der Mensch 2 Leiter verschiedener

Polarität berührt; einpoliger Kontakt liegt vor, wenn der Betreffende einen Pol berührt und Erdschluß hat. Die Berührung mit dem elektrischen Strom kann nur eine direkte oder indirekte sein, d. h. ob die Leitung als solche berührt wird, oder der Kontakt dadurch erfolgt, daß ein unter Elektrizität stehender Gegenstand oder Körper angefaßt wird, ebenso kann der Stromübertritt durch Funkenüberschlag z. B. von einer Induktionsmaschine oder vom elektrischen Lichtbogen aus, erfolgen.

Die Bedeutung der genannten Faktoren soll nun der Reihe nach abgehandelt werden.

1. Stromart:

Bei Gleichströmen bewegen sich die Elektronen immer in einer Richtung, während sie bei Wechselstrom dauernd hin- und herschwingen. Die elektrolytische Wirkung des Gleichstroms ist also größer als die des Wechselstroms, deshalb ist auch die untere tödliche Stromstärke des Gleichstroms 4mal so groß als die des Wechselstroms. Dies beruht auch auf der oben erwähnten Tatsache, daß bei Gleichstrom der Widerstand zunächst ansteigt, dann absinkt und stationär bleibt, während er bei Wechselstrom von vornherein gering ist. Doch sind bei beiden Stromarten Schädigungen relativ selten.

2. Die Spannung ist kein ausschlaggebender Gradmesser für die Gefährlichkeit der elektrischen Ströme, wie schon eingangs gezeigt wurde.

Im Tierexperiment stellten Prévost und Batelli bei niederen Spannungen ein irreparables Herzkammerflimmern fest, das bei hohen Spannungen und großer Stromdichte im Herzen nicht auftrat. Auf diesem Versuch beruht die lange in Aerztekreisen herrschende Auffassung, daß der elektrische Tod ein Tod durch Herzkammerflimmern sei. Dies ist eine Behauptung, die heute noch nicht sicher bewiesen ist, und es wohl auch nicht werden kann.

Bei hochgespannten Strömen kann die tödliche Wirkung durch Verbrennung eintreten.

Pietrusky berichtet über Tierexperimente mit Starkströmen von 2000—20 000 Volt an Meerschweinchen. Es trat sofort Bewußtlosigkeit auf, die einige Minuten nach Ausschalten des Stroms anhielt. Hierauf erfolgte vollkommene Erholung, neben lokalen Strommarken. Die gleiche Wirkung erfolgte in einem

Versuch mit 30 000 Volt; hier waren aber hochgradige Verbrennungen vorhanden. Bei einer Durchströmung von 220 Volt Gleichstrom trat der Tod sofort ein. Demnach scheinen hochgespannte Ströme nicht zu töten. Das Herz soll aber in Diastole stehen geblieben sein und erst nach Stromausschaltung weitergeschlagen haben. Niedergespannte Ströme verursachten dagegen Herzkammerflimmern.

Hochgespannte Ströme sind dadurch gefährlich, daß sie hochgradige Verbrennungen setzen, und man nie übersehen kann, welche Faktoren einen Strom auf eine niedere, und somit tödliche Spannung bringen können. Es ist eben jeder Strom gefährlich.

3. Die Stromstärke ist auch nicht der ausschlaggebende tödliche Faktor. Früher galt 0,1 Ampère für die tödliche Dosis. Doch sind manche Menschen schon bei einigen Milli Ampère gestorben, und andere dagegen haben sogar für einige Sekunden bis Minuten mehrere Ampère vertragen. Das hängt mit der Toleranz des Einzelnen gegen Elektrizität zusammen. Darüber soll später noch mehr gesagt werden.

Nach Pietrusky gilt 0,1 Ampère nur für mittlere Spannungen als tödliche Dosis, während bei hochgespannten Strömen bis zu 4 Ampère vertragen werden können. Eine tödliche Rolle spielt die Stromstärke erst in einem bestimmten Verhältnis zur Spannung. Hierbei kommt bei Wechselströmen

4. noch die Größe der Frequenz hinzu. Um tödlich zu wirken, muß bei erhöhter Frequenz auch die Spannung größer werden. Die in der Technik verwandte Spannung und eine Periodenzahl von 30—70 entsprechen durchaus der tödlichen Dosis. So ist ein bestimmtes Verhältnis von Spannung zur Stromstärke zur Frequenz für die tödliche Wirkung nötig.

Den größten Einfluß auf die Wirkung des elektrischen Stromes hat

5. der Widerstand, den der menschliche Körper dem Strom entgegensetzt. Diesen Widerstand kann man als Resultante von 3 Komponenten auffassen. Die erste Komponente ist der Eintrittswiderstand, d. h. der Widerstand zwischen Körperoberfläche und elektrischem Leiter. Dieser Widerstand ist außerordentlich schwankend und abhängig vom Stand des Barometers und Hygrometers, d. h. die Luftfeuchtigkeit, die Jahreszeit, die Wärme des Arbeitsraumes haben großen Einfluß.

Der Eintrittswiderstand ist auch abhängig von der Beschaffenheit der Berührungsfläche, ist diese groß, so ist der Widerstand gering. Dichtbehaarte Kopfhaut leitet fast gar nicht den elektrischen Strom, zarte Haut dagegen gut. Die Ohmzahl des Widerstandes differiert sehr stark. Bei der trockenen, schwieligen Haut der Hand haben wir 100 000 bis 1 Million Ohm, feuchte Haut dagegen hat nur 1000 Ohm Widerstand. Guter Füllungszustand der Gefäße und die Zahl der Schweißdrüsen setzen den Widerstand herab, so daß dieser auch an einer ganz umschriebenen Stelle, wie zum Beispiel der Fingerbeere, schwankend ist, je nach Durchblutung der Gefäße und Sekretionszustand der Schweißdrüsen.

Die zweite Komponente ist der Austrittswiderstand, d. h. der Widerstand zwischen Körper- und Stromleiter, bzw. Erde. Dieser ist besonders abhängig von der Haut und der Umgebung, dem sogenannten Milieu, das in einem weiteren Abschnitt ausführlicher beschrieben werden soll.

Eintritts- und Austrittswiderstand stellen den größten Widerstand dar. Weitaus geringer ist die dritte Komponente, der Streckenwiderstand, d. h. der Widerstand des Körpers, der sich aus den einzelnen Geweben zusammensetzt. Hierbei werden nach Jellinek „bald diese, bald jene Zellkomplexe, oder ganze Organsysteme, ihrem spezifischen Leitungswiderstand gemäß, bald mehr oder weniger belastet". Wichtige Organe, wie Herz und Rückenmark, kommen in den Strombereich zu liegen, doch ist der Strom außerordentlich fein verteilt, durch die große Flächenmaße der Organquerschnitte. Deshalb ist ein Leben nach dem Unfall trotz Organveränderungen möglich. Jede Elektrisierung zeigt eine Fortleitung der Elektrizität und eine Fortleitung des Reizes.

Durch die Fortleitung der Elektrizität wird der ganze Körper betroffen. Herz- und Zentral-Nervensystem ertragen große Elektrizitätsstöße, ohne Schaden zu nehmen und kommen selten in den Bereich der Stromdichten zu liegen. Anatomische Schäden an Innenorganen durch fortgeleitete Elektrizität gehören zu den Ausnahmen. Die Gefäßbahnen führen den Hauptstrom der Elektrizität, denn das Blut hat ein optimales Leitungsvermögen. Blutgefäße sind an den Stromein- und Austrittsstellen immer in größte Mitleidenschaft gezogen. Die Fortleitung des Reizes, die Erregung, geht zum Zentral-Nervensystem auf Umschaltstation,

die ihrerseits den Reiz zu anderen Organen weiterleitet. So erfolgt eine Erregung jeden Organes und jeder Zelle innerhalb einer Sekunde. Diese Fortleitung der Erregung spielt eine entscheidende Rolle bei der Schockwirkung.

Im Laufe der Durchströmung nimmt der Körperwiderstand ab, und somit erfolgt ein Ansteigen der Stromintensität. Der Gesamtwiderstand des Körpers ist bei gleicher Art der Durchströmung der gleiche und wird bei hohem Feuchtigkeitsgehalt gering. Am schlechtesten leiten Knochen, etwas besser Fett, Haut, Muskulatur und Nerven, und ganz ausgezeichnet leitet das Blut den Strom. Erfolgt die Durchströmung in longitudinaler Richtung, so ist die größte Stromdichte in den Gefäßen, erfolgt die Durchströmung in transversaler Richtung, so werden die Körpergewebe der Reihe nach durchflossen.

Wichtig für die tödliche Wirkung halten manche Autoren die Tatsache, daß das Herz in der Strombahn liegen muß. Dies kann nicht behauptet werden, da bei jedem Stromdurchgang Stromschleifen durch das Herz auf dem Wege der Blutgefäße gehen. Eine tödliche Wirkung trifft nur ein, wenn die Stromschleifen eine größte Dichte erreichen. Legt man beide Elektroden am Kopfe an, so trifft ein tödlicher Strom das Gehirn nicht, weil der Strom um die Schädelkapsel den Weg des geringsten Widerstandes geht und die Schädelknochen einen sehr hohen Widerstand besitzen.

6. Die Kontaktdauer ist von Bedeutung, da im Laufe der Durchströmung der Körperwiderstand ab- und somit die Stromstärke zunimmt. So sank bei einer Messung der Eintrittswiderstand auf $^1/_{30}$ seines Anfangswertes. Von der Kontaktdauer ist die Art der Gewebsänderung an der Berührungsstelle abhängig. Tritt Verkohlung ein, dann wird der Widerstand so groß, daß kein Strom mehr fließt. Bei Oedem und Brandblasen wird das Leitvermögen dagegen sehr erhöht.

7. Mit der Größe der Berührungsfläche soll ebenfalls die Größe der Gefahr wachsen. —

8. Einen großen Einfluß hat die Umgebung auf die Stromwirkung. Hierbei kann das Wetter eine ausschlaggebende Rolle spielen. So ist z. B. ein Betonboden bei trockener Witterung ein guter Isolator, und wird bei feuchtem Wetter zu einem ausgezeichneten Leiter. Die gleiche Rolle spielt das Schuhwerk. Das Leitvermögen der Schuhe ist von der Art ihrer Herstellung ab-

hängig, so ist der Absatz ein guter Leiter (Eisenstifte), und die Sohle kann ein Isolator sein. Es wird deshalb bei allen Hochspannungsarbeiten das Tragen von Gummisohlen gefordert. Ebenso wirkt ein elektrischer Strom stärker, wenn der betreffende Mensch in Feuchtigkeit steht oder seine Haut mit gut leitenden Materialien verunreinigt ist. Also sind auch Standort und Oertlichkeit wichtig.

9. Von überaus großer Bedeutung ist das Aufmerksamkeits- oder Strombereitschaftsproblem.

Bei größter Strombereitschaft wird die elektrische Schockwirkung gemildert. Es ist bekannt, daß Elektromonteure oft mit feuchten Fingern die Lichtleitung (220 Volt) auf Strom prüfen. Die Aufmerksamkeit ist aber auch abhängig von der Intelligenz und Stimmung des Betreffenden. Es ist unmöglich, immer gleich aufmerksam zu sein; die Aufmerksamkeit ist periodischen Schwankungen unterworfen. Eine ähnliche Rolle wie die Strombereitschaft spielt beim Menschen der Schlaf, so wurden wiederholt Menschen im Schlaf vom Blitz getroffen, die wohl aufwachten, aber keinen Schaden genommen hatten. Den gleichen Effekt hat man im Tierexperiment mit der Narkose gesehen. Es scheint, daß mit Vermeidung der Schockwirkung die Katastrophe ausbleibt.

10. Als letztes bleibt noch die, in der Persönlichkeit gelegene, besondere Leibesbeschaffenheit. Einzelne Menschen zeigen eine verschiedene Toleranz gegen die Elektrizität. Solche mit konstitutioneller Besonderheit, wie besonderer Erregbarkeit des Nervensystems (Status degenerativus, Status hypoplasticus, exsudativus, asthenicus und neuropathicus) zeigen bei elektrischen Unfällen ein besonderes Verhalten, wie auch bei anderen Reizen. Normale gesunde Menschen verfügen über eine große Toleranz gegen die Elektrizität. Einen Einfluß können wohl auch vorhergehende Krankheiten haben.

Schridde schreibt Menschen mit sogenanntem Status thymico-lymphaticus eine besondere Disposition zu elektrischen Unfällen zu. Unter seinem Material von 37 Stromgetöteten waren 36 mit Status thymicolymphaticus.

Jellinek und andere dagegen lehnen den Status thymicolymphaticus ab.

Die Toleranz kann aber auch nur vorübergehend durch geringe Gesundheitsstörungen, Hunger, Durst, Arbeiten an ungewöhn-

lichem Ort oder in unangenehmer Stellung herabgesetzt sein, auch durch allgemeine Ueberhitzung, meteorologische Einflüsse, durch Mangel an Schlaf und Ruhe, durch Gemütsbewegungen, Sorge und Aerger. Ob Alter, Geschlecht und Rasse eine Rolle spielen, ist noch nicht sicher erwiesen.

Die Frage, ob ein elektrischer Strom eingewirkt hat, ist nicht immer leicht zu entscheiden. Ein Teil der Obduktionen ca. $^1/_5$ läßt keine pathologischen Veränderungen erkennen, ein anderer Teil zeigte Veränderungen: Herzkrankheiten, Lungen- oder Nierenentzündungen, die den Tod bedingt haben konnten. Man hat deshalb auch die elektrischen Unfälle eingeteilt:

I. Verifizierte Unfälle, d. h. Fälle, die durch Strommarken einwandfrei nachgewiesen sind.

II. Verifizierte Unfälle, das sind Unfälle ohne Strommarken, die aber durch versenkte Haare, Verbrennungen, Aenderungen des Schuhwerks, geschmolzene Nägel, Spuren am Standort, Verunreinigung des berührten Leitungsstückes zum Teil durch Gewebsflüssigkeit, als wahrscheinlich angenommen werden konnten.

III. Unverifizierte Unfälle, d. h. hier war nichts sicheres nachzuweisen.

Allgemeine physiologische und pathologische Wirkungen des elektrischen Stromes.

Der elektrische Effekt hat nicht nur eine psychogene, sondern auch eine dynamogene Komponente-Fortleitung der Elektrizität. Die dynamogene Komponente ist nach Jellinek das Ergebnis einer fortschreitenden Drehbewegung, durch welche die kleinsten Teilchen unserer Organzellen in eine ultramolekulare Erschütterung versetzt werden. Diese feinsten Massenverschiebungen werden vom elastischen Gewebe bis zu einer gewissen Grenze ertragen und dann von einem Gleichgewichtszustand abgelöst. Wird das Elektrizitätsmaximum überschritten, so braucht unser Organismus zur Wiederherstellung des Normalstatus eine längere oder kürzere Zeit. Diese Wiederherstellungstendenz des Gewebes wird durch die Elektrizität gesteigert. Mit dieser Hypothese lassen sich alle Gefäßschädigungen, das elektrische Oedem und ein Auftreten von Strom-

marken, erst in der zweiten Woche nach dem Unfall erklären. Wieweit Nierenschädigungen und Blutbildveränderungen mit den Gefäßschädigungen im Zusammenhang stehen, konnte bis jetzt noch nicht festgestellt werden.

Versuche an einzelligen Lebewesen zeigen, daß elektrische Ströme auch eine physiologische Wirkung haben und so der Strom als Reiz auf das Protoplasma, und zwar je nach der Intensität, erregend oder lähmend wirkt. Bei länger dauernder Einwirkung erfolgt Zellzerfall, je nach Art der Protozoen findet dieser an der Anode oder der Kathode statt. Der Zerfall wird durch Protoplasmakontraktionen eingeleitet, dem die Ausstoßung der Vakuolen und körnig molekularer Kernzerfall folgt.

Bei Bakterien wirkt der elektrische Strom wachstumshemmend bzw. abtötend. Dabei erfolgt an der Ănode Cl-Bildung, während sich an der Kathode Alkali niederschlägt. Diese Wirkung auf die Bakterien ist nur durch die elektrolytische Zersetzung des Stromes bedingt. Die Körperoberfläche des menschlichen Gewebes zeigt durch Elektrolyse eine lokale Nekrose und fettige Degeneration. Es kommt an der Anode zu saurer Reaktion, d. h. das Gewebe ist hier fest geronnen und an der Kathode zu alkalischer Reaktion, d. h. das Gewebe ist daselbst verflüssigt. Im histologischen Bilde zeigt das Gewebe am Orte der Anode und Kathode nur geringen Unterschied. In der Umgebung findet sich immer eine entzündliche Reaktion. An Zellveränderungen fanden sich dann: Wachsartige Degeneration der Muskelfasern, körniger Zerfall und hydropische Quellung des Bindegewebes. Die Epithelzellen der Nieren zeigten Vakuolenbildung und hyaline Degeneration. Auch fand man weiter nach der Einwirkung von elektrischen Strömen ein Absinken des Blutdrucks, sowie Pulsverlangsamung. Durch Versuche von Dyderheim und Veraguba wurden Leukocytenkerne in vitro beeinflußt.

Die Wirkungen des elektrischen Schwachstromes auf die Menschen sind von der verschiedensten Art. In den meisten Fällen erfolgt garnichts. So hat sich doch wohl schon jeder einmal an einem Lichtschalter ohne weitere Folgen elektrisiert. Manchmal treten nur ganz vorübergehende Sensationen auf, oder aber es kommt zu einer Schädigung für einige Tage, dann für Wochen und endlich gibt es Fälle, die dauernd geschädigt bleiben, und als den letzten Ausgang haben wir den Tod anzusehen. Während der Elektrisierung selbst werden die verschiedensten Gefühle

angegeben. Es wird von einem angenehm erfrischenden Gefühl, einem Schweben in der Höhe, einer Erregung ohne Schmerzen gesprochen. Erst allmählich stellen sich unangenehme Gefühle ein; es kommt zu Erschrecken, Kälte- und unangenehme Muskelgefühlen. Die Muskeln sind kontrahiert, ein Starrkrampf des ganzen Körpers tritt ein, eine Tetanisierung der Gesamtmuskulatur wird beobachtet, die dann die Ursache für den Krampf von Atem- und Kehlkopfmuskulatur wird. Auch wird von einem Krampf der Brust, einer Zusammenschnürung der Kehle und Atemnot berichtet, von Schmerzen und Stichen in der Herzgegend, Schluckbeschwerden, Erstickungsgefühlen, Kopfschmerzen, Benommenheit bis zur Bewußtlosigkeit. Autoptisch zeigen sich die Lungen groß, gedunsen und gebläht. Auch Schmerzen in anderen Körpergegenden sind angegeben worden, Angstgefühle und das Gefühl des Sterbenmüssens. Alle diese Sensationen gehen aber zurück, wenn das Opfer aus dem Stromkreis befreit wird, und werden von einem Gefühl der Ermattung abgelöst.

Neben diesen Schäden gibt es leichtere oder schwerere Funktionsstörungen der inneren Organe: Blutungen aus Nase und Mund, gestörte Herztätigkeit, Ikterus, Albuminurie, Blasen- und Mastdarmstörungen, die sich bald oder erst nach Tagen zurückbilden. Der Sitz der anatomischen Läsion ist abhängig von der Lage des Durchströmungsgebietes. Im Experiment sah man Blutungen in den verschiedensten Organen, Zelldegeneration im Rückenmark, Strukturänderungen von Ganglienzellen, die aber erst nach Tagen deutlich werden konnten. Als sogenannte Immediatsymptome, also unmittelbar nach dem elektrischen Trauma, sehen wir Störungen von seiten des Zentralnervensystems: Vorübergehender Bewußtseinsverlust mit daran anschließenden motorischen Reizerscheinungen; Lähmungen von sensiblen und motorischen Nerven treten auf. Der Puls ist zuerst klein und langsam, wird dann frequent und verschwindet endlich ganz. — Die Atmung ist zuerst langsam und wird dann röchelnd, wobei viel Schleim aspiriert wird. Von seiten der Bauchorgane sehen wir Diarrhoeen und Albuminurie. Manchmal treten Symptome auf, die auf eine akute Hirnschwellung hinweisen. Kopfschmerzen, Benommenheit, Liquordrucksteigerung, weshalb Jellinek auch immer die Lumbalpunktion bei elektrisch Verunglückten empfiehlt.

Selten sieht man epileptiforme Krämpfe oder Zustände geistiger Verworrenheit. Alle diese Anfangserscheinungen bilden eine große Lebensgefahr, doch ist die Rückbildungsneigung dieser gefahrdrohenden Erscheinungen sehr groß, und sie verschwinden meist schnell.

Im Anschluß an elektrische Traumen gibt es auch sich langsam entwickelnde Krankheitsbilder von seiten des peripheren und zentralen Nervensystems und des Gefäß-Systems. Durch den elektrischen Unfall findet sich manchmal auch eine CO_2-Anhäufung im Blut und damit eine Reizung des Nervensytems und Lähmung des Gefäß-Systems. Im Zusammenhang mit der Gefäßlähmung steht dann die Hyperämie der Organe, Ausbildung des Lungen-Oedems und elektrischen Oedems (Lymphstauung mit elephantiastischen Schwellungszuständen in der Umgebung der elektrischen Wunden). Bekannt sind auch Sensationen von seiten der Sinnesorgane: Schlechtes Sehen und Hören, Störungen des Geschmackes, Schluckbeschwerden, Schwindel, Flimmern vor den Augen, Pupillenveränderungen, Hornerscher Symptomenkomplex, ja sogar Linsentrübung, die Katarakt bedingt.

Neben allen diesen mehr oder weniger schweren allgemeinen Krankheitserscheinungen zeigen die einzelnen Organe des Körpers doch auch für den elektrischen Unfall charakteristische Veränderungen, die nun einzeln beschrieben werden sollen.

Hautveränderungen mit besonderer Berücksichtigung der elektrischen Stromwerke.

Die auffallendsten Veränderungen zeigt die Haut in der mannigfaltigsten Art, weshalb mit der Beschreibung der Schäden an der Haut begonnen werden soll.

Die äußeren elektrischen Verletzungen zeigen mehrere Typen an der äußeren Haut, dazu kommen noch Haarversengungen, Blutaustritte und Gewebsdurchtrennungen.

Die Haarversengungen sind meist am Kopfe und zeigen das Bild von Tonsuren mit Randsugillationen.

Die Blutaustritte sind punkt- oder streifenförmig. Manchmal stehen sie auch in Gruppen zusammen und können so das Bild einer Schrotschußverletzung hervorrufen.

Jellinek unterscheidet bei den Hautveränderungen 7 Formen:

1. die elektrische Strommarke,
2. die elektrischen Figuren — Blitzfiguren (die oben schon abgehandelt sind),
3. die elektro-traumatische Verletzung,
4. die elektro-chemische Hautveränderung,
5. die elektrische Metallisation,
6. die elektrische Verbrennung,
7. Mischformen von 1—6.

Ueber die Strommarke werde ich zuletzt berichten, da sie noch eine große Streitfrage darstellt.

3. Elektrotraumatische Verletzungen sind möglich. Wir haben dann das Bild von, wie durch schneidende oder stechende Instrumenten erzeugte Gewebsstörungen, die wie Schußkanäle aussehen und rinnenförmig bis zum Knochen gehen können. Ebenso finden sich Hautabrisse und z. B. auch Abriß einer ganzen Ohrmuschel. 4. Die Haut erfährt auch elektrochemische Veränderungen, es bilden sich Verfärbungen und Niederschläge. Diese bestehen aus pulverisierten oder krümeligen Teilchen, die von stromführenden Körpern oder Isoliermaterialen losgelöst worden sind; manchmal sitzen sie nur oberflächlich. Oder die Verfärbung erfolgt durch neugebildete, chemische Stoffe, die durch Elektrolyse bei Gleichstrom erzeugt wurden. Kupfer bedingt so am + Pol eine Grünfärbung, Eisen dagegen eine Braunfärbung oder Schwarzfärbung des Gewebes.

5. Die Metallisation zeigt eine oberflächliche Imprägnierung der Haut mit geschmolzenen oder gasförmigen Metallteilchen zum Teil als Spritzer, zum Teil ganz diffus. Die Haut ist in diesem Bereich trocken, rauh und derb. Die Heilung erfolgt durch Abstoßung der Haut in großen Lamellen. In 3 Wochen ist die Haut ohne Rückstände ganz erneuert, nur die Nägel werden erst bei völligem Nagelersatz von Metallteilchen frei.

6. Auch Verbrennungen durch Elektrizität sind bekannt. Bei einem elektrischen Lichtbogen von 3000—4000° Celsius kann die Hitze so groß sein, daß sogar eine Ausscheidung von reinem kohlensaurem und phosporsaurem Kalk in Form von glasartigen Hohlkugeln, Perlen, erfolgt, dies sind die sogenannten Knochenperlen. Die Verbrennungen durch die Hitzewirkungen der Elektroden sitzen gewöhnlich an den Händen und hierbei ist meist die linke Hand die Stromeintrittsstelle.

Schridde will die linke Hand als Stromeintrittsstelle in $^9/_{10}$ aller Fälle seines Materiales festgestellt haben und gibt Herznähe als Todesursache an, doch kann wohl eher der geringere Widerstand der linken Hand (weniger Arbeitsschwielen) ausschlaggebend sein. Die elektrischen Verbrennungen zeigen alle 3 Grade der gewöhnlichen Verbrennungen von der Rötung, Blasenbildung bis zur totalen Nekrose. Die Verbrennung entsteht durch die Dampfbildung, die durch die Joulesche Wärme bei Stromdurchgang im menschlichen Gewebe entsteht.

Das wichtigste Erkennungszeichen für einen elektrischen Unfall ist aber die Jellinek'sche Strommarke. Diese zeigt makroskopisch eine flache, punkt- oder streifenförmige, meist kreisrunde, epileptische oder rosettenartige Form und ist eine Erhebung auf der Epidermis von rein weißer oder graugelber Farbe. Die Strommarke ist starr, hart und derb und auf der Unterlage des umgebenden Gewebes leicht zu verschieben. Sie hat manchmal das Aussehen von abheilenden Narben, die Papillarlinien sind hier weniger deutlich ausgeprägt. In der Mitte der Strommarke findet sich eine Einkerbung mit grauschwarz verfärbten Rändern, manchmal blutig tingiert, oder es haftet ein Abklatsch des berührten Leiters an. Um die Strommarke ist ein weißer Saum, eine Rötung der Umgebung findet sich nicht. Diese sogen. Strommarken finden sich nicht nur an Stromein- und -Austrittsstellen, sondern auch an Bezirken ohne sonstige andere Hauterscheinungen. Diese, nach Jellinek spezifischen, elektrischen Verletzungen der Haut machen keine Schmerzen, sind gegen Berührung mit Nadelstichen unempfindlich und heilen in der Regel gut, ohne Fieber, Eiterung oder wesentliche Störung des Allgemeinbefindens, ab. Ihre Narben sind weich, geschmeidig und zeigen keine Neigung zu Degenerationen.

Jellinek erklärt die Entstehung der Strommarken als Nachwirkung des Durchtritts von Strom in einem Leiter 2. Grades. Die Haut setzt dem elektrischen Strom einen großen Leitungswiderstand entgegen; dieser muß überwunden werden. Durch diese Ueberwindung entwickelt sich Joulesche Wärme, die das Gewebe abtötet.

Mieremet glaubt auch an eine elektrolytische Wirkung, die aber nur für Gleichstrom gelten kann, da bei Wechselstrom keine Elektrolyse statthat.

Kawamura glaubt, daß außer der Jouleschen Wärme und der

Elektrolyse noch rein elektrische und mechanische Einwirkungen eine Rolle spielen, als Umwandlungsformen der elektrischen Energie. Die strahlenförmige Verteilung der mikroskopischen Veränderungen um einen Zentralpunkt der Oberhaut läßt auf eine Energiewirkung eines kegelförmigen Feldes schließen. Die elektrischen Kräfte sind dann hier wie die Strahlenwirkung einer Konvexlinse; der Brennpunkt ist an der Oberfläche der Hornschicht (zentrale Eindellung) und von hier aus gehen die Strahlen ins Gewebe, deshalb werden die oberen Schichten von mehr und das Unterhautzellgewebe von weniger Strahlen getroffen, so daß in letzterem die Wirkung der Strahlen eine geringere ist.

Schridde dagegen glaubt nur an eine Hitzewirkung durch die Joulesche Wärme.

Es sollen nun auch die mikroskopischen Veränderungen der elektrischen Strommarke beschrieben werden.

An der Oberfläche des Epithels sieht man schwarze, bröckelige Massen, die Epidermis ist zum Teil vom Corium abgehoben; Epidermisdefekte und Epidermistrümmer finden sich. Unter der oberflächlichen Epithellage kommt eine gleichmäßige breite Epithelzone, die struckturlos und homogenisiert ist. Die Kernzeichnung ist zum Teil aufgehoben. Die Papillen des Coriums sind abgeflacht, besonders im Bereich der zusammengepreßten Schicht der Oberhaut. Die Hornhautschicht ist verschmälert und erscheint homogenisiert. Die Basalzellen des Rete Malpighi sind in einzelnen Gebieten stäbchen- oder stachelförmig umgewandelt, zum Teil zu langen Fäden ausgezogen und parallel oder büschelförmig geordnet. Nach Mierement soll die Parallellagerung der Zellen und der Bindegewebsfasern ein Kriterium für die Stromrichtung sein.

Schridde erklärt die Strommarke nicht für eine spezifisch elektrische Hautveränderung, sondern sie entsteht nach ihm durch Wirkung sehr hoher Hitzegrade. Das gleiche Bild in abgeschwächtem Maße finde sich bei Verbrennungen mit Glühplatin und Glühstahl: nämlich gelblich weiße Verfärbung des Epithels und Hitzewaben. Die Hitzespalten des Bindegewebes und die Hitzewaben des Epithels entstehen nur, wenn die Hitze so groß wird, daß sich die Gewebsflüssigkeit in Wasserdampf verwandelt. Je größer die Hitze ist, in umso weiterer Entfernung entstehen Hitzewaben im Gewebe und desto größer sind sie. Schridde und Beckmann haben Versuche mit 120 Volt Gleichstrom

an der Haut menschlicher Leichen mit Cu-Elektroden angestellt. Die Stromdauer ging bis zu 60 Sekunden, da der Leitungswiderstand durch die große Wasserverdünstung bei der Leiche ein viel größerer ist. Mit großer Annäherung der beiden Pole nahmen die Hautveränderungen an Stärke zu. Hierbei war auch das Bild am negativen Pol das einer alkalischen Reaktion: Quellung, und am positiven Pol sah man reine Hitzewirkung. Demnach müßte dem makro- und mikroskopischen Befunde nach auch zu unterscheiden sein, welcher Pol an einer bestimmten Hautstelle eingewirkt hat. Am positiven Pol zeigte sich makroskopisch ein wallartiger, durch Elektrolyse an der Cu-Elektrode grünverfärbter Ring mit einem breiten weißgelben Hof-Hitzewabenhof. Mikroskopisch erschien das Epithel verkohlt, zum Teil waren auch die Basalzellen stark zusammengeschrumpft. Im Bindegewebe sah man Hitzespalten. Die Fasern erschienen geschmolzen und verbacken. Auch in der Keim- und Hornschicht der Epidermis waren Hitzewaben, in Form verschieden großer, scharf umgrenzter Hohlräume. Man nimmt an, der Wasserdampf habe hier die Epithelzellen auseinandergetrieben. Die Hitzewaben an der Leiche waren jedoch nie so groß wie am Lebenden (geringerer Wassergehalt der Leiche). Abweichend vom Lebenden zeigten sich die Bindegewebsbündel spitz- oder pyramidenartig angeordnet.

Am negativen Pol zeigte sich makroskopisch eine schmutzig graue Verfärbung mit allmählicher Blasenbildung. Mikroskopisch fehlte jede Verkohlung; das Epithel war gequollen, im ganzen verdickt und die Kerne waren geschrumpft. Die Quellung entsteht wohl durch Gerinnung des Eiweißes in der Hitze und die alkalische Wirkung des negativen Poles bei der Elektrolyse. Die Hitzewabenbildung am negativen Pol war gering. Das Bindegewebe der Haut zeigte in tieferen Schichten eine harmonikaförmige Schrumpfung; auch hier war eine vollkommene Gerinnung der Eiweiß-Substanz eingetreten. Jellinek hält aber an seiner Unterscheidung von elektrischer Verbrennung und elektrischer Strommarke fest und weist auf den klinisch sicheren Unterschied hin. Eine histologische Aehnlichkeit sei nur scheinbar, d. h. nur da zu finden, wo eine Trennung der beiden Formen nicht deutlich sei. Bei der echten Strommarke fehlen Waben- und Vakuolenbildung, Koagulation und Detritus der elektrischen Verbrennung vollkommen. Die Veränderung des Stratum corneum und

Stratum germinativum beruhen nach Jellinek nicht auf thermischer, sondern auf rein elektrischer, mechanischer Wirkung. Elektrizitätsspuren auf Kleidern, Glas, Holz und Metall weisen auch keine thermische Einflüsse auf. Sieht man aber neben elektrischen Spuren auch Wärmeeinwirkungen, so beruhen sie auf der Erwärmung eines von Elektrizität durchflossenen Leiters. Vom Grad der Erwärmung hängt das Bild der echten Strommarke oder auch der überwiegenden Verbrennung ab.

Straßmann entscheidet diese Streitfrage dahin, daß die Strommarke wohl nur auf Hitzewirkung beruht auf Grund eigener Versuche mit kochendem Wasser, einer Bunsenflamme, glühendem Metallstab und Cu-Elektroden an der Haut und Leber von Leichen. Er erhielt immer ähnliche Bilder wie Schridde und Beckmann. Die Frage habe jedoch nur theoretisches Interesse: praktisch habe ja doch eine Strommarke eine spezifische Einwirkung als Ursache, und an der Bedeutung der Strommarke zur Erkennung elektrischer Unfälle sei unbedingt festzuhalten, sie beweise bei einem plötzlichen Todesfall doch zum mindesten, daß ein elektrischer Strom durch den Körper gegangen sei. Auch gilt Tod durch Elektrizität bei Anwesenheit von Strommarken für erwiesen, auch dann, wenn andere pathologische Organveränderungen vorhanden sind, während der elektrische Tod bei Fehlen dieser Strommarken immer als zweifelhaft anzusehen ist. Wie lange die Strommarken, besonders die mikroskopischen Veränderungen nach einem Unfall bestehen, ist zweifelhaft, da meist nur die Haut von tödlich Verunglückten untersucht wurde. Die Ausbildung der Strommarken am negativen und positiven Pol ist nach Art der berührenden, elektrisch leitenden Gegenstände verschieden, da ja auch alle Veränderungen nach Art der berührenden, elektrisch leitenden Gegenständen auch beim gleichen elektrischen Strom verschieden sind.

Straßmann betont noch besonders, daß in der Nähe von Strommarken Haarversengungen sehr selten sind, da das Haar ein schlechter elektrischer Leiter ist. Auch finden sich Strommarken und Hautverbrennungen an verschiedenen Stellen des Körpers nur bei sehr hochgespannten Strömen, dann aber nicht immer Verkohlungen.

Als dauernde Hautveränderungen treten gelegentlich Pigmentation und Depigmentation im Bereich der stromgetroffenen Stellen, Sklerodaktylie und verlangsamtes Nagelwachstum auf.

Bei den Hautveränderungen wurden auch Nekrosen erwähnt, die bis auf den Knochen gehen. Der Knochen zeigt dann im Verletzungsgebiet Trennungen zwischen den Knochenbälkchen, eine weißgelbe Farbe, und die Ränder des geschädigten Bezirks sind unregelmäßig zackig gegen den übrigen Knochen abgesetzt. Im Röntgenbild treten nach ein bis zwei Wochen Linien und Schatten auf als Demarkation für die später erfolgende Sequestrierung des Knochens. Diese Aenderungen im Röntgenbild weichen ganz ab von denen durch Hitze entstandenen. Man beobachtet auch eine Abstoßung des Knochens ohne vorangehende, sichtbare Veränderung und Schmerzen. So können auf einmal ganze Finger, z. B. beim Verbandwechsel abfallen; dabei tritt beachtlicherweise keinerlei Störung des Allgemeinbefindens auf. Röntgenologisch sieht man auch röhrenförmige Schattenbilder außerhalb der Knochenkonturen und ein Auftreten von Zackengebilden: Osteophyten. Der Knochenschwund erfolgt durch lakunäre Resorption. Histologisch zeigt der Knochen wie bei Ostitis und Osteomyelitis eine rarifizierende, sequestrierende Demarkation und granulierende Entzündung gegen die Umgebung. Es wurden auch Loslösungen von Epiphysenscheiben beobachtet. Einen eitrigen Charakter zeigt die Sequestrierung des Knochens wohl erst durch sekundäre Infektion, wobei allerdings die Starkstromverletzung eine primäre Ernährungsstörung und Zellzerstörung im Knochen gesetzt haben kann und damit der Widerstand gegen die Infektion herabgesetzt wurde. Der Ablauf der Sequestrierung erstreckt sich oft über Monate hin.

Von ganz großer Bedeutung ist das Verhalten des Knochens bei elektrischen Schädelverletzungen. Im allgemeinen geht ja der Strom um die Schädelkapsel herum, da der Knochen einen sehr großen Widerstand hat.

Wird aber der Knochen verletzt, so haben wir sicher einen Stromübergang auf das Gehirn. Die Hirnsubstanz erscheint dann im Bereich des Knochendefekts wie gekocht, derb, brüchig und hart. Daneben zeigen sich Blutungen in die Dura, Pia und die Hirnbasis. Im Bereich der Hirnrinde sieht man kleine Blutaustritte und die Farbe der Rinde erscheint verwaschen, graurötlich. Im Anschluß an solche Schädelverletzungen mit Hirnschädigung kann Hirnprolaps eintreten; Abszesse können sich ausbilden, oder es entwickelt sich das Bild einer eitrigen Meningitis und Encephalitis.

Neben den primären elektrischen Knochenverletzungen haben wir auch Knochenfrakturen und Luxationen, die durch heftige Abwehrbewegungen entstanden sind. Auch sind Fälle von Schädelverletzungen bekannt, die durch Sturz von einer Leiter nach primärem Stromeintritt entstanden waren.

Auf besondere Muskelveränderungen hat kürzlich Jellinek aufmerksam gemacht. Es waren ihm tonische Krampfzustände bei elektrischen Unfallopfern aufgefallen, welche nach der Befreiung aus dem Stromkreis erst aufgetreten waren. Es handelte sich dabei teils um einen Laryngismus, teils Trismus. Die Krampfzustände waren geeignet, den Erfolg der künstlichen Atmung in Frage zu stellen. Auch tonische Krampfzustände des Stammes und der Extremitätenmuskulatur waren eingetreten. Es war beobachtet worden, daß ein auch zu Tode getroffener trotz Abschaltung noch für einige Augenblicke in aufrechter Stellung verharrte. Die Krampfzustände besonders der Stammes- und Extremitätenmuskulatur waren einwandfrei als reine Elektrizitätswirkung zu erkennen dadurch, daß nur jene Muskelpartien in den Zustand des Dauerkrampfes gebracht wurden, welche zwischen den Applikationsstellen der Elektroden gelegen waren. Die histologische Untersuchung der Muskeln ergab nun hier in den Muskelfasern besondere Befunde. Die Muskelfaser war von einem regelmäßigen Spiralgebilde eingenommen, das wie ein Gewinde in einem Steigungswinkel von ungefähr 45 Grad um die Muskelfaser herumlief. Die Fibrillen der Muskelfaser erschienen dabei aus ihrer normalen Lagerung herausgehoben und herausgedreht. Sie zogen nicht parallel zur Längsachse der Muskelfasern mehr, sondern sie erschienen in ihrer Gesamtheit ebenfalls annähernd um 45 Grad verdreht und damit ebenso verändert, auch ihre Querstreifung. Die Breite des einzelnen Gewindes, des Schraubenganges, schwankte zwischen 13 und 19 Mikren. Die zwischen ihnen gelegenen Abstände waren bedeutend schmäler. Gelegentlich waren auch in den Herzmuskelfasern derartige Veränderungen zu sehen. Auch hier waren rhythmische Gewindebildungen unverkennbar. Es gelang Jellinek auch, die bei den Todesfällen elektrischer Unfälle an der Muskulatur erhobenen Befunde, experimentell an Tiermuskeln — Meerschweinchen — durch Einwirkung von Drehstrom zu erzeugen. Gleichstromversuche hatten ein negatives Ergebnis.

M. B. Schmidt und vor ihm schon Erb beschrieben an den quergestreiften Muskelfasern hyaline Querbänder.

Veränderungen an Herz, Gefäßen und Zentralnervensystem durch den elektrischen Stsom.

Ganz selten zeigen die inneren Organe Befunde, die man als für den elektrischen Stromdurchgang spezifisch ansehen kann. Der Sitz der anatomischen Läsion ist dann abhängig von der Lage des Durchströmungsgebietes.

Kawamura beschreibt bei der Niere eine haemolytische Wirkung des Stromdurchgangs und sah Haemoglobinzylinder. In der Lunge fand er Zerreißungen der Alveorlarsepten. An der quergestreiften Muskulatur beschreibt er Zenkersche Degeneration.

Im Tierexperiment am Meerschweinchen beobachtete der Autor an der Leber eine Kontinuitätstrennung des Leberparenchyms. Das Myocard zeigte Zerwerfung und Zerreißung mit Flüssigkeitsansammlung zwischen den Fibrillen.

Straßmann hat Versuchsfolgen an der Leber beschrieben und konnte am negativen Pol, wo zusammengepreßte Cu-drähte den Kontakt gebildet hatten, an der Oberfläche schwärzlich angekohlte Massen und in der Tiefe eine Zusammenpressung und dunkle Färbung des Gewebes feststellen: die Zellen waren verlängert und die Kerne zusammengepreßt, daneben zeigten sich einzelne Hohlraumbildungen.

Kawamura beschreibt Herzveränderungen. Er fand eine spaltförmige Kontinuitätstrennung der auf den Schnitt längsgetroffenen Herzmuskulatur. Die Spalten waren mit Erythrocyten erfüllt. Erythrocyten fanden sich auch, in Einzelreihen geordnet, zwischen den Herzfibrillen. Die Herzmuskelfasern endigten mit unregelmäßigen Rißformen am Spaltrand. Daneben sah er frische Blutungen. Das Fibrillengefüge des Herzmuskels war aufgelockert. Die spaltförmigen Risse waren nicht an einen Gefäßverlauf gebunden. An einigen Stellen fehlte die Querstreifung der Muskulatur und das Sarkolemm war zum Teil schollig zerklüftet.

Pietrusky beschreibt einen Fall, in dem bei einem Mann eine Kolliquationsnekrose des Reizleitungssystems des Herzens

eingetreten war, nach einem Durchgang von Wechselstrom von 220 Volt Spannung, als einen Befund, der den Tod bedingt hat.

Dick berichtet von einem Fall, in dem chronisch sich widerholendes paroxymales Vorhofflimmern im Anschluß an eine Starkstromverletzung von 15 000 Volt aufgetreten war. Das Herz war im Stromkreis zwischen linker Hand und linkem Bein gelegen. Nach dem Unfall war nur ein feiner Tremor der linken Hand und eine Muskelschwäche des linken Beins und des Abdomens beobachtet worden. Möglicherweise hatte eine myocarditische Schädigung des Herzens zum Vorhofflimmern geführt. Erst 14 Tage nach dem Unfall trat der erste Anfall auf, der sich dann mehrmals am Tage wiederholte. Zuerst war es eine hochgradige, unregelmäßige Tachycardie durch Vorhofflimmern, dann eine unregelmäßige Verlangsamung der Herztätigkeit, und schließlich kam es zu einer regelmäßigen Tachycardie geringen Grades. Es handelte sich um eine Sinustachycardie nach dem Elektrocardiogramm.

Lasius beschreibt eine vorübergehende Myocardschädigung mit Herzerweiterung durch einen zweiphasigen Wechselstrom von 50 000 Volt. Auch hier lag das Herz in der Strombahn, die von der linker Hand zum linken Fuß ging. Gleich nach dem Unfall trat Benommenheit, Kopfschmerzen, Lähmungen und Reflexunterschiede auf, die sich, ebenso wie die Herzerweiterung, nach 14 Tagen völlig zurückbildeten.

Eine ganz auffallende Veränderung zeigen bei elektrischen Unfällen die Gefäße.

In den ersten Wochen nach dem Unfall sind sie zerreißlich; so schneiden im Beginn der zweiten Woche Ligaturen leicht durch. Deswegen weist Jellinek besonders auf eine streng konservative Behandlung hin, da Blutungen infolge Durchschneidens von Ligaturen nur schwer stillbar sind. Die Veränderung der Gefäßwand bedingt auch manchmal Spontanblutungen aus den verbrannten Bezirken. Besonders in der 4. bis 5. Woche werden Rißblutungen aus den großen Gefäßen angegeben. Die Gefäße zeigen auch eine Neigung zu wandständiger Thrombenbildung mit allen Folgezuständen, besonders auch Embolien. Histologisch findet man nicht allzu selten Nekrosen der Media.

Neben diesen anatomischen Veränderungen zeigen die Gefäße auch funktionelle Zirkulationsstörungen z. B.: Vasopara-

lysen und Angiospasmen und als deren Folge Oedembildung in mehr oder weniger großer Ausdehnung. So können z. B. scharf umschriebene ischämische Hautbezirke entstehen.

Jaffé, Willis und Bachem haben sich mit der elektrischen Gefäßpathologie näher beschäftigt und am Tierexperiment die einzelnen Phasen der Gefäßveränderungen festgestellt. Sie fanden, daß bei einem niedergespannten Strom von 110—120 Volt im Gefäß nur dann eine Schädigung entstand, wenn während des Stromdurchtrittes die Zirkulation unterbrochen wurde; also haben wir es nicht mit einer elektrisch energetischen, sondern mit der durch den elektrischen Strom hervorgerufenen Wärmewirkung zu tun. Bei freier Zirkulation kommt es zu keiner Verbrennung, da das strömende Blut die Erhitzung verhütet. Die Gefäßveränderung besteht in einer Nekrose der Muskelfasern der Media; das elastische Gewebe verliert seine Dehnbarkeit, das Gefäß ist erweitert und die Media zusammengepreßt. Die Membrana elastica interna hat ihr normales welliges Aussehen verloren. Manchmal, wenn die Schädigung nicht groß ist, findet man eine Schwellung und Proliferation der Endothelien der Intima. Die Adventitia ist am widerstandsfähigsten und zeigt nur eine Strekkung der elastischen Häute. Eine Thrombose erfolgte nur bei Infektion. Die Erweiterung führt nach ganz kurzer Zeit zur Bildung eines spindelförmigen Aneurysmas. Das Gefäß ist hier dünnwandig, hart und von grauweißer Farbe. In der Umgebung findet sich dichtes Narbengewebe. Die zerstörten Muskelelemente der Media werden durch Bindgewebe ersetzt, das an Ort und Stelle oder von der Adventitia aus entsteht und zwischen die elastischen Fasern einwächst. Die Intima wird dicker und bildet zahlreiche Membranen über den abgeflachten Windungen der Elastica interna. 3 Monate nach dem Versuch ist an Stelle der Media eine Schicht konzentrisch angeordneter, hyaliner Bänder, zwischen denen einzelne, flache Kerne liegen, getreten. Die Muskelfasern sind ganz geschwunden. Die Intima ist verdickt und kernreich. Die Kerne liegen nach dem Lumen zu. Die Adventitia besteht aus elastischem Bindegewebe, das an der Außenseite dicke Lagen bildet, und sich zwischen die elastischen Häute schiebt. Hiermit ist der Umbau der Gefäßwand nach der, durch den elektrischen Strom erzeugten Schädigung beendet. Trotzdem die Media ein minderwertiges Gewebe zeigt, ist doch eine bestimmte Festigkeit der Gefäßwand gegeben, so daß auch die in den ersten Wochen

beobachtbare Zerreißlichkeit der Gefäße nach 3 Monaten vollkommen geschwunden ist.

An Organveränderungen bleiben nun noch zur Besprechung die Veränderungen am Zentralnervensystem, die teils substantieller, teils funktioneller Art sind. Histologisch finden sich Veränderungen, die entweder sofort oder auch erst nach Tagen oder Wochen in Erscheinung treten und zwar als Atrophien oder Degenerationen, die dann von einer Regeneration gefolgt sein können.

Kawamura beschreibt makroskopisch Gefäßzerreißungen, Blutungen in das Parenchym und Homogenisierung des Inhaltes der Blutgefäße. Auch fand er Veränderungen an Ganglienzellen, Quellungen der Achsencylinder, besonders im Gebiete der Hirnrinde, Medulla oblongata und Pons. Die Gefäße und Kapillaren waren strotzend mit Blut gefüllt und erweitert; auch fanden sich perivaskuläre Hämorrhagien. Histologisch sah der Autor in einem Teil der erweiterten Gefäße den Inhalt homogen und hyalinisiert, und die Erythrocyten schienen zusammengeballt. Die perivaskulären Lymphräume waren erweitert. Im Gewebe fanden sich durch Oedem bedingte Lücken, die zum Teil mit geronnenen Massen erfüllt waren. Die Achsencylinder in der Nähe der Lücken waren gequollen, die Ganglienzellen teils normal, teils homogen geschrumpft. Ihr Tigroid war in eine feinkörnige Masse umgewandelt, besonders in den großen Zellen der Medulla oblongata. In der Olive zeigten sich auch Kernveränderungen an den Zellen. Die Kerne lagen wandständig und buchteten die Zellwand vor, zum Teil waren die Kerne auch aus der Zelle ausgetreten. Bei Kernverlust sah der Autor dann eine Chromatinverdichtung im Zentrum der Zelle. Auch in den Nervenkernen (Vagus) zeigten die Ganglienzellen Veränderungen. Das Tigroid hatte sich an den peripheren Teilen der Zelle angesammelt. Die Zellen zeigten zentrale Homogenisierung, zum Teil vollständige Tigrolyse, das heißt Auflösung der Tigroid-Nißl-Körner in kleine Körnchen und Schollen.

Tigroidverklumpungen waren erkennbar, und der Zellkern zeigte Veränderungen im Sinne der Karyolysis und Chromatolyse.

Auch Corrado hat Veränderungen an den Nervenzellen, Loslösung des Neuriten vom Zellkörper, Vakuolisation im Zellprotoplasma, Kernveränderungen mit Dislokalisation des Nucleolus und Lückenbildung im Gewebe beschrieben.

Kratter fand die gliösen Elemente normal, wohl aber perivaskuläre Blutungen, vor allem in der Nähe der Hirnoberfläche.

Auch Jellinek beschreibt frische Blutaustritte in der Rindengegend an der Grenze von grauer und weißer Substanz, sodann Gefäßrupturen. Die Ganglienzellen erschienen von Blutungen überdeckt oder zertrümmert; der Kern war dabei an die Peripherie gedrängt worden.

Gubler fand Blutungen und kleine Gefäßrupturen. In der Hirnrinde und der Medulla oblongata war das gliöse System aufgelockert; besonders die Pyramidenzellkerne zeigten Wandstellung und Vakuolisation.

Neben diesen anatomischen Veränderungen im Zentralnervensystem haben wir nach elektrischen Unfällen auch funktionelle, nervöse Folgeerscheinungen, das heißt Fälle, bei denen organisch nachweisbare Veränderungen fehlen.

Weigel läßt die nervösen Erscheinungen nur dann als sichere Folge des elektrischen Stromes gelten, wenn er unmittelbar auf das Zentralnervensystem eingewirkt hat.

Jellinek beschreibt weiter noch spinale Schädigungen nach elektrischen Traumen und berichtet von einer Liquordruckerhöhung, von vorübergehenden Lähmungen und einer Schwerbeweglichkeit der Glieder. Ist der Liquordruck gesteigert, so fordert er die Lumbalpunktion als die sofort anzuwendende Therapie. Die spinalen Schädigungen gingen in seinen Fällen alle zurück.

Panse berichtet über mehr oder weniger tiefe Bewußtseinsstörungen, weiter über kurzdauernde Funktionsausfälle, die Motilität und Sensibilität von einzelnen oder allen Extremitäten betrafen.

Sodann sah er Störungen im autonomen Nervensystem: Gefäßspasmen in den Extremitäten mit Blässe und Kühle der Glieder, Oedeme, vasomotorisch bedingte Ohnmachtsanfälle, diffuse Schweißausbrüche, Obstipation, Pulsbeschleunigung durch Accelerans- und endlich auch Pupillenerweiterung durch Sympathicus-Reizung. Von organischen Schädigungen sah der Autor solche des Spinalmarks, der peripheren Nerven und des Cerebrums.

Bei einem spinalen Sitz der Störung war meist C_7—C_8 befallen mit einer Schädigung der grauen Substanz des Rückenmarks, auch der Pyramidenbahn und der Umgebung der Vorderhornzellen. Hinzu traten dann nach einem Intervall von Monaten

Kernlähmungen, meist mit Sitz in dem Bulbus der Medulla oblongata. Bei diesen spinalen Störungen handelt es sich nach der Ansicht von Panse um eine Schädigung des Rückenmarks, mittelbar auf dem Wege über die Gefäßinnervation. Den Beweis für diese Anschauung sieht der Autor in der Halbseitigkeit der Störungen, die eben durch Reizwirkung auf das sympathische Gefäßnervengeflecht auf der Seite des am stärksten gereizten Gefäßabschnittes zustande kommt.

Der histologische Befund des Rückenmarkes ist bei Einwirkung stärkerer, elektrischer Ströme, nach Jellinek, der folgende: An vielen Stellen des Rückenmarks, in verschiedener Höhe finden sich kapilläre Blutungen, meist in der grauen Substanz in der Gegend der Vorderhörner und in der Nähe des Zentralkanals. Die Blutextravasate sind mikroskopisch klein. Die Ganglienzellen werden von Blutaustritten teilweise überdeckt, teilweise erscheinen sie zertrümmert. An einzelnen Stellen des Halsmarks, vor allem an der Halsanschwellung sind die Ganglienzellen von feinen Netzen strotzend mit Blut gefüllter Kapillaren umgeben. Es sind also Zirkulationsstörungen mit kapillären Blutungen die Folge der elektrischen Einwirkungen im Rückenmark. Demgegenüber betont Schridde, daß er nie Blutungen gesehen habe.

Das klinische Symptomenbild besteht bei einer spinalen Schädigung aus Muskellähmungen mit Atrophien als Folge. Sensibilitätsstörungen und Paraesthesien. Daneben finden sich Symptome der Opticus-, Facialis- und Vaguskernstörungen. Die spinalatrophische Erkrankung ist die häufigste Folge. Spinale Nacherkrankungen von spastischem Charakter können dann das Bild einer multiplen Sklerose verursachen. Die Heiltendenz der spinalen Erkrankung ist umso schlechter, je größer der Intervall zwischen Unfall und neurologischen Erscheinungen ist.

Nach Panse sollen niedrige Stromstärken bei mehrmaligem Kontakt diese spinalatrophischen Folgezustände bedingen. Er steht hier im Gegensatz zu Jellinek und Kawamura, die erklären, daß man an den Folgen nicht feststellen kann, welche Stromstärke und Spannung eingewirkt hat.

Die Erkrankungen der peripheren Nerven sind seltener und zeigen eine uneinheitliche Symptomatologie. Die peripheren Nerven haben einen hohen Widerstand und erkranken wohl erst auf dem Umweg über die Blutbahn. Motilität und Sensibilität

der betreffenden Extremität sind unmittelbar gelähmt, aber nur vorübergehend. Verbrennungen können so nicht gefühlt werden.

Die zerebralen Erkrankungserscheinungen sind uncharakteristisch: Hirndrucksymptome, Seh- und Sprachstörungen. Manchmal kann durch einen elektrischen Unfall eine Epilepsie ausgelöst werden. Herdsymptome sind selten. Die Fälle von Hemiplegie nach elektrischen Traumen sind oft keine Folge des elektrischen Stromes, sondern sekundär bedingt z. B. durch Sturz. Fälle von Hemiplegie sind sehr selten, und da oft Arteriosklerose bestand, unsicher. In der Literatur sind 5 Fälle bekannt. unter ihnen waren mir die 2 Fälle: von Crouzon und von v. Limbeck nicht zugänglich.

Einen 3. Fall zitiere ich nach Panse.

Fall 1: Schück: Ein 55—60jähriger Mann kam mit der linken Hand an eine Stromleitung von 500 Volt, taumelte darnach hin und her, wurde ganz verwirrt, konnte nur mit Mühe nach Hause gebracht werden und war seither dauernd krank. Es entwickelte sich eine Parese des linken Armes und später auch des „linken Kopfes". Am linken Kleinfingerballen war noch wochenlang ein kleiner erythematöser Fleck (Strommarke). Es folgten häufige linksseitige, apoplektische Insulte. 3 Jahre nach dem Unfall erlag er einer erneuten Apoplexie. Bei der Obduktion zeigten sich vom linken kleinen Finger die Arteriae ulnaris und brachialis entlang bis zur Carotis und zur Basis des Gehirns hinziehende Wandveränderung der Arterien und Venen in Form perlschnurartig angeordneter, dicker Kalkauflagerungen. Besonders stark und kombiniert mit zahlreichen miliaren Aneurysmen waren diese Veränderungen an den Arterien der linken Hirnbasis und der linken Fossa Sylvii. Außerdem fand sich hochgradige Arteriosklerose der Kranzgefäße, sonst aber keine arteriosklerotische Veränderungen.

Schück sieht in den beschriebenen Veränderungen eine spezifische Nachwirkung des elektrischen Stromes.

Fall 2: Ascher: Es handelt sich um einen Mann, der beim Arbeiten an der Bohrmaschine versehentlich das Schaltbrett berührt hatte, so daß 220 Volt Gleichstrom durch den Körper gingen. Er war sofort bewußtlos. Beim Erwachen nach einer Stunde war sein Gesicht nach rechts verzogen, der linke Arm gelähmt, dazu fühlte er heftige Kopfschmerzen in Stirn- und Schläfengegend, ebenso zeigte sich eine Schwäche der Zungen-

nerven und eine Herabsetzung des Hautgefühles der linken Körperhälfte. Er wurde nach 4 Wochen im Krankenhaus als gebessert entlassen. Man nahm eine krankhafte Veränderung der Gefäße oder der Hirnsubstanz auf der rechten Seite des Gehirns in der Gegend der Fossa Sylvii an, die psychischen Abnormitäten, die daneben noch bestanden, wurden als Schockfrage angesehen; sie steigerten sich im Verlauf von weiteren vier Jahren bis zur Demenz, so daß eine organische Grundlage vorhanden gewesen sein dürfte. Ascher betont ausdrücklich, daß eine bestehende Arteriosklerose als mitwirkende Komponente bei der Beurteilung der Erscheinungen unbedingt in Betracht gezogen werden müsse.

Fall 3: Wendriner beschreibt einen elektrischen Unfall, den ein 30jähriger Elektromonteur eines Kohlenbergwerkes bei Prüfung eines Lichtkabels von 300 Volt Spannung erlitt. Der Patient wurde bewußtlos und stürzte mit dem Hinterkopf auf eine Traverse des gegenüberliegenden Stollens. Nach einer Viertelstunde kam er wieder zu sich, hatte heftige Kopfschmerzen an der Hirngegend und Schwindelgefühl, konnte jedoch weiter arbeiten. Nach 4 Wochen erst fiel ihm der rechte Arm schlaff herunter, später trat eine Lähmung des rechten Beines, eine Facialisparese und vermehrter Speichelfluß auf. Die Kopfschmerzen bestanden dauernd fort. Die hemiplegischen Erscheinungen besserten sich im Laufe von 6 Wochen so weit, daß der Patient wieder gehen konnte. Aber noch nach weiteren 3 Jahren bestand eine Facialisparese, ein positiver Babinsky, Schleudergang, eine leichte Flexion des rechten Armes im Ellenbogen und eine Adduktion im Schultergelenk. Das Krankheitsbild wurde als Späthemiplegie auf organischer Grundlage im Anschluß an ein elektrisches Trauma beurteilt, da andere Vorbedingungen wie Arteriosklerose, Nephritis, Herzinsuffizienz oder Lues fehlten. Fraglich bleibt aber, ob es sich um eine Schädigung direkt durch elektrischen Insult oder durch Sturz auf die Traverse infolge von elektrischem Kontaktschwindel gehandelt hat. Die Späthemiplegie kann nun durch eine primäre Gefäßwandschädigung, die allmählich zu Spontanblutung geführt hat oder auch durch eine primäre, langsam fortschreitende Erweichung mit Uebergreifen auf die Gefäße bedingt sein.

Fall 4: Schwarz berichtet über einen Fall von Hemiplegie nach Starkstromverletzung. Der Patient war bei Berührung der Lichtleitung in den Stromkreis gekommen. Er fühlte sich nach

dem Unfall schlecht, hatte Herzklopfen. In der darauffolgenden Nacht wachte er auf und war an der ganzen linken Seite und an der linken Gesichtshälfte gelähmt. Die Sprache war lallend. Der Zustand besserte sich nach Monaten. Diese Hemiplegie wurde als Folge des elektrischen Unfalls anerkannt, da vor dem Unfall keine arteriosklerotischen Erscheinungen vorhanden waren.

Herrmann teilt einen Unfall durch Blitzschlag mit. Ein 47jähriger Mann wurde an der linken Parietalgegend des Kopfes vom Blitze getroffen. Für Stunden bestand Bewußtlosigkeit und für Tage Bewußtseinsstörungen. Lähmungen an Händen und Füßen, Schluckbeschwerden, Rindenblindheit für einige Tage (Area striata der Sehspäre) Alexie und Agnosie, Sprachstörungen von bulbärem Charakter sowie ein positiver Babinsky konnten beobachtet werden, auch trat eine Atrophie der Schultermuskulatur auf. Diese Erscheinungen waren nach 5 Monaten etwas gebessert. Es handelt sich also um organische Läsionen des Parietal- und Okzipetallappens, sowie Kleinhirn- und Pyramidenbahnstörungen.

Panse sah nach Blitzeinschlag bei 14 Personen tiefe Bewußtlosigkeit und vorübergehende Lähmungen an einer oder allen Extremitäten, die ebenfalls alle zurückgingen. Er sah aber keine „Blitzneurosen" (diese traten nur im Zusammenhang bei denjenigen auf, die ein Entschädigungsverfahren angestrengt hatten).

Es ist nun noch etwas über die elektrische Katarakt zu sagen. Sie tritt nach wenigen Wochen schon oder erst nach Jahren auf. Wahrscheinlich beruht sie auf mechanischen und elektrolytischen Vorgängen, die eine Schädigung der Linsenkapselepithelien bedingen, und diese führen dann sekundär zur Linsentrübung.

Tod durch Elektrizität.

Als Letztes bleibt nur noch die Besprechung des elektrischen Todes. Eingangs wurden ja schon alle Faktoren besprochen, welche die tödliche Wirkung eines elektrischen Stromes bedingen. Die Art der Sterbemechanik wird verschieden dargestellt.

Jellinek erklärt den elektrischen Tod zunächst für einen Scheintod durch Atemlähmung und nur durch funktionelle Störungen bedingt, die reversibel und umkehrbar sind. Unter Schein-

tod versteht man also kein endgültiges Erlöschen der Lebensfunktionen, sondern ein noch ausgleichbares Darniederliegen der wichtigen Lebensvorgänge. Erst danach treten anatomische Veränderungen, wie Oedeme von Gehirn und Lungen mit akuter Hirnschwellung und Erstickung auf. Es ist aber noch nicht festgestellt, ob ein primäres Versagen des Herzens oder des Respirationsorganes oder des Zentralnervensystems als Todesursache anzusehen ist. Jellinek hält aber den Tod durch Herzkammerflimmern für eine unrichtige Auffassung, da auch bei Einwirkungen von Niederspannungen, bei denen ja das Herzkammerflimmern allein in Betracht kommt, Fälle bekannt sind, bei denen nach dem elektrischen Trauma noch eine regelmäßige Herztätigkeit vorhanden war.

Außerdem kann sich das Herzkammerflimmern spontan zurückbilden (siehe unten). Um Scheintod ausschließen zu können, muß man also sichere Zeichen des eingetretenen Todes haben.

Bei der Art des Zustandekommens des Todes unterscheidet Jellinek 4 Typen:

1. Exitus momentanus,
2. Exitus retardus,
3. Exitus interruptus,
4. Exitus dilatus.

ad 1) Der Exitus momentanus ist der häufigste Typ. Die Menschen brechen im Augenblick der Elektrisierung mit oder ohne Aufschrei zusammen und behalten auch ihre eingenommene Stellung bei (kataleptische Stellung).

ad 2) Der Exitus retardus ist beinahe so häufig wie der Exitus momentanus. Der Getroffene ruft noch sekundenlang um Hilfe, unternimmt Befreiungsversuche und wird dann erst bewußtlos. Aeußerlich sind die lebenswichtigsten Funktionen lahmgelegt, doch muß ein gewisser Kreislauf noch schwach vorhanden sein, da Wiederbelebungsversuche in manchen Fällen Erfolg gehabt haben.

ad 3) Der Exitus interruptus ist seltener. Das Opfer ist zunächst bewußtlos zusammengestürzt und kann sich mit wiedereintretendem Bewußtsein befreien, weggehen und reden und erst nach einiger Zeit erfolgt ein erneuter Zusammenbruch. In dem freien Intervall hat natürlich das Herz geschlagen. Hierbei kann die Diagnose des elektrischen Todes ohne vorhandene Strommarken nicht mit Sicherheit gestellt werden.

ad 4) Der Exitus dilatus ist sehr selten und fast nie obduziert

worden. Der vom elektrischen Strom Getroffene stirbt erst nach einigen Tagen, trotzdem er nach den Wiederbelebungsversuchen zu sich gekommen war. Als Obduktionsbefund haben wir dann am häufigsten Blutungen in die inneren Organe. Solch einen Exitus dilatus beschreibt Jellinek.

Es handelt sich um einen 16jährigen Patienten, der wegen Lähmung beider Beine mit sinusoidaler Faradisierung im Zweizellenbad behandelt wurde. Beim Einschalten des Stroms schrie dieser auf, wurde bewußtlos; es trat Erbrechen ein. Der elektromedizinische Anschluß-Apparat hatte durch den schadhaften Fußboden Schluß mit dem Straßennetz bekommen, so daß 220 Volt Gleichstrom durch den Körper des Jungen gegangen waren. Da gleich ausgeschaltet wurde, erholte sich der Patient bald vollständig. Erst nach 4 Stunden wurde der Zustand plötzlich schlecht, der Puls war klein, setzte zeitweise aus, die Pupillen wurden eng, die Atmung beschleunigt und Bewußtlosigkeit trat ein. Nach weiteren 9 Stunden erfolgte der Tod.

Bei der Obduktion fand sich hochgradige Hyperaemie und Oedem der Lungen und des Gehirns, frische Wandthrombose in der rechten Herzkammer neben fettiger Degeneration des Herzmuskels und eine alte Verkrümmung der Wirbelsäule mit Kompression des Rückenmarks.

Ziemke konnte petechiale Blutungen in die serösen Häute feststellen.

Kratter, Jellinek und Pietrusky sahen Blutungen in dem Herzmuskel.

Straßmann fand den anatomischen Befund bei Tod durch niedergespannte Ströme gering: Hyperämie des Gehirns und der Hirnhäute, Lungenödem und Blutreichtum der inneren Organe. Leber und Niere hatten derbe Konsistenz. Manchmal sah er auch conjunktivale Blutungen. Als Todesursache hält er Herzkammerflimmern für gegeben.

Jellinek stellte eine starke Durchfeuchtung der Organe, Oedem von Hirn und Lungen fest. Die Lunge zeigte auch zum Teil zerrissene Bläschen (traumatisches Emphysem). Der Autor sieht diese Erscheinungen als Beweis dafür an, daß nach dem elektrischen Trauma noch eine Herztätigkeit stattgehabt haben muß. Manchmal fand sich auch das Bild einer akuten Hirnschwellung, des Erstickungstodes und des „Status thymico-lymphaticus“

mit enger Aorta. In einem Fünftel der Fälle verlief die Obduktion negativ.

Schneider hält die Frage der Sterbemechanik unter Einfluß des elektrischen Stromes noch nicht für geklärt; da er aber in einem Fall Hirnoedem sah, neigt er zu der Jellinekschen Erklärung. Der Autor beschreibt einen Unfall durch einen Strom von 5000 Volt Spannung. Die künstliche Atmung setzte erst einige Minuten nach dem Unfall ein; nach einer Stunde wurde die Lumbalpunktion vorgenommen. Es entleerte sich reichlich flüssiger Liquor in kontinuierlichem Strahl, also unter einem dreifach erhöhten Druck.

Bei der Obduktion zeigten sich die Organe sehr blutreich, Lungen und Gehirn waren oedematös geschwollen. Es fanden sich zarte Blutungen unter das Epicard und ein epidurales Haematom an der Einstichstelle der Lumbalpunktion.

Schneider glaubt, daß das Hirn zu lange Zeit unter zu großem Liquordruck gestanden hat, so daß der Tod durch Hirnlähmung infolge von Schädigung der lebenswichtigsten Zentren eintrat.

Schridde lehnt die Auffassung Jellineks ab und erklärt den elektrischen Stromtod für einen primären Herztod. Daneben spricht er noch von einem elektrischen Verbrennungstod, wenn die Verbrennungen so groß sind, daß sie den Tod bedingen. In 88% der Fälle fand er die linke Hand als Stromeintrittsstelle, und in $^9/_{10}$ der Fälle waren es Menschen mit sogenanntem Status thymico-lymphaticus. Boruttau stellte die Lehre vom Tod durch Herzkammerflimmern auf, welches Prévost und Batelli nach Experimenten am Hund für irreparabel erklärten. Spätere Versuche an Affen zeigten aber, daß hier das Herzkammerflimmern vollkommen reparabel ist. Das Gleiche soll nach Kraus auch beim Menschen gelten.

Müller glaubt mit Jellinek nicht an Herzkammerflimmern als ursächlichen Faktor des Todes beim Menschen. Er hält den elektrischen Stromtod für einen Herztod mit sekundärer Atemlähmung. Ein völliger Ausfall der Herztätigkeit wird vom Organismus nur kurze Zeit ertragen, besonders das Zentralnervensystem erfährt durch Sauerstoffmangel irreparabele Schädigungen. Es vergeht immer eine gewisse Zeit zwischen Aufhören der Herztätigkeit und Eintritt des Todes. Nach 2 Minuten langem Aufhören der Herztätigkeit kann diese nicht mehr in Gang kommen.

Der elektrische Strom kann also einen Zustand schaffen, in dem die Lebensfunktionen so gering sind, daß sie vom Arzte nicht mehr nachgewiesen werden können. Darnach können aber die Organe ihre Leistungen wieder aufnehmen.

Panse erklärt den elektrischen Tod funktionell und nicht grob mechanisch bedingt. Er behauptet, daß ein Tod durch Lähmung des Atemzentrums und durch Herzkammerflimmern möglich sei, aber beides entstehe sekundär als Folge eines primären Versagens des peripheren und zentralen Kreislaufes. Dieses Versagen des Kreislaufes wieder sei die Folge einer Veränderung der Innervation der Gefäße durch die vasomotorischen Erregungszustände, die der elektrische Strom bedinge. Die Art und das Ausmaß der vasamotorischen Reaktion ist nach Art der Einwirkung von relativ höheren oder geringeren Stromstärken verschieden. Der Autor folgt hier den bekannten Gedankengängen Rickers.

Stase, prästatische Vorgänge und Diapedisis wären demnach die Ursache der kleinsten Blutaustritte im Zentralnerven-System nach elektrischem Unfall, ebenso wie für die Blutüberfüllung außerhalb des Zentralnervensystems. Der elektrische Schock und Kollaps sei dadurch bedingt, daß infolge der Stase im Kapillarkreislauf so große Blutmengen in der Peripherie zurückblieben, daß ein Leerlaufen des Herzens einträte. Der vasomotorische Schock bedinge auch die Erscheinungen des Scheintodes.

Ein Fall von Spättod nach Blitzschlag.

In dem, im Nachstehenden beschriebenen Fall handelt es sich ebenfalls um einen Exitus dilatus. Seine Besonderheit läßt eine ausführliche Wiedergabe erlaubt erscheinen.

Seine Vorgeschichte ist die folgende:

Am Morgen des 16. Juli schlug gelegentlich eines schweren Gewitters der Blitz in ein Gebäude der Brauerei Rastatt ein, in dem sich Köhler (so ist der Name des Mannes) mit anderen bei der Arbeit befand. K. ist (es handelt sich um Aussagen, die nach dem Tode von Augenzeugen gemacht wurden) auf das heftigste erschrocken, ist aber nicht bewußtlos gewesen. Es ist aber bemerkt worden, daß er sehr blaß aussah. Köhler ist dann mit seinem Bierfuhrwerk auf Kundschaft gefahren, dabei auch nach Muggensturm (einem ca. 12 km entfernten Ort) gekommen

und hat hier in einer Wirtschaft Bier abgeladen. Er ist danach an den Schanktisch gekommen, um mit der Wirtin abzurechnen. Diese hat ihm ein Glas Bier angeboten. Als K. nach dem Bierglas greifen wollte, ist er plötzlich umgefallen und ohne weiteres zu sagen verschieden. Zeit des Todes früh 7 Uhr. Die Leiche wurde nach Iffezheim überführt und hier beerdigt. Die Exhumierung am 24. Juli früh vorgenommen. Es handelte sich also um eine exhumierte Leiche.

Bei der Sektion konnte der folgende Befund erhoben werden:

Zeichen weitest vorgeschrittener Fäulnis. Das Gesicht unförmlich verdickt. Gesichtszüge nicht mehr zu erkennen, blauschwarze Haut, ebenso die Lippen. Beide Augenlider maximal gedunsen. Am rechten wie am linken Auge, an den Nasenöffnungen, sowie am Mund schaumige schwarzrote Flüssigkeit, die bei der geringsten Bewegung des Kopfes und des Körpers aus den Oeffnungen herausläuft. Ueberall in der Körperhaut Gasbildung: dieselbe grünlich schwärzlich verfärbt. Die Oberhaut in großen Fetzen abgehoben. Die Nägel an Füßen und Händen in beginnender Ablösung. Bei der Besichtigung der allgemeinen Körperdecke ist eine Verletzung, die tiefer geht, nicht festzustellen. Leib durch Gas aufgetrieben, das, bei Eröffnung der Bauchhöhle mit zischendem Geräusch sich entleert. Unterhautfettgewebe an Brust und Bauch in durchschnittlicher Dicke von 1 cm, unterhalb des Nabels auch mehr vorhanden. Keine Blutungen in der Muskulatur an Brust und Bauch nachweisbar. Die Farbe des Muskelfleisches ist bräunlich gelb, die Konsistenz matsch und äußerst brüchig. Die Lage der Baucheingeweide ist gehörig. Das Bauchfell in allen seinen Teilen grünlich schwärzlich verfärbt. Der Darm ist stark gebläht, zeigt aber nirgends Kontinuitätstrennungen der Wand, auch der Magen ist stark gebläht, ebenso auch der Zwölffingerdarm. Die Milz ist mit der Zwerchfellunterfläche im Bereich ihres oberen Pols verwachsen. Bei Lösen der Verwachsungen reißt die morsche Kapsel ein und es entleert sich die Pulpa als erweichte schwärzlich rote Masse. Nach Herausnahme des Organs läßt sich nur noch feststellen, daß es nicht vergrößert ist, daß die Farbe der Pulpa schwärzlich rot ist. Sie ist in einem breiigen Zustand, Gasblasen sind reichlich zu sehen. Auch lassen sich beim Darüberwegstreichen die Balken der Pulpa erkennen, sonst fehlt jede besondere Struktur. Die Bauchspeicheldrüse ist in der Größe entsprechend. Auf dem Schnitt

zeigt sich ein grünlich gelbliches matsches Gewebe, es läßt sich eigentlich nur noch sagen, daß ihre Konsistenz nicht abnorm vermehrt ist, und daß sich Blutungen und Nekrosen, insbesondere Fettgewebsnekrosen nicht vorfinden. Die Leber ist nicht vergrößert, sie ist sehr weich und matsch, schwärzlich grünlich in der Farbe. Die Präparation der Gebilde der Leberpforte ergibt nichts besonderes. In der Gallenblase einige ccm grünlich schwärzlicher Galle. Die Farbe der Leberschnittfläche gelblich, eine Erweiterung der Gallenwege nicht festzustellen. Gefäßlöcher frei. Keine Verhärtung in dem Organ nachweisbar. Läppchenzeichen nicht zu erkennen. Die Farbe des Gewebes gelblich in den inneren Schichten, die Farbe setzt sich scharf gegen die peripherisch schwärzlich-grünlich gefärbten ab.

Im Magen neben reichlich Gas schwärzliche Flüssigkeit. Die Schleimhaut besonders im Fundusteil matsch und in Auflösung begriffen. Die Sektion des Darmes läßt an keiner Stelle Blutungen oder Geschwürbildungen erkennen. Man sieht die lymphatischen Apparate des Darms an einer schwärzlichen grünlichen Pigmentierung. Sie sind nicht vergrößert. Der Wurmfortsatz ist o. B. Am Mastdarm, auch im übrigen Dickdarm, ist ein besonderer Befund nicht zu erheben. Der Hodensack, ebenso das Glied ist infolge Gasentwicklung stark aufgetrieben. Der Hoden kleinkastaniengroß, bräunliches Gewebe auf dem Schnitt, das sich weich und matschig anfühlt. Irgendwelche Aftergewebseinlagerungen im Hoden und Nebenhoden nicht zu erkennen. Die Blase ist leer. Die Schleimhaut fleckig rötlich, ohne Geschwüre. Die Vorsteherdrüse kastaniengroß, weißlich, rötlich ohne Aftergewebseinlagerungen. An den Samenblasen und Samenleitern ist ein besonderer Befund nicht zu erheben. Die Nebennieren total erweicht, keine Durchblutungen an einer besonderen Gewebsverfärbung in der Umgebung der Nieren und Nebennieren nachweisbar. Die Nieren liegen an gehöriger Stelle und lassen sich leicht aus ihrem Lager entfernen. An der Fettkapsel nichts besonderes nachweisbar. Die Größe der Organe entsprechend. Die Bindegewebskapsel läßt sich gut abziehen. Die Konsistenz der Organe ist matsch. Blutungen und Einziehungen in der Kapsel finden sich nicht. Der Sektionsschnitt zeigt das Gewebe gleichmäßig fest. Im Nierenbecken lassen sich Blutungen nicht nachweisen. Zwerchfellstand rechts wie links oberer Rand der 4. Rippe. Das Zwerchfell ist leicht beweglich, in der Konsistenz matsch, Muskulatur brüchig.

Bei Eröffnung der Brusthöhle zeigt sich, daß sich in beiden Brusthöhlen Gas befindet, das vordere Mittelfeld gasig durchsetzt (Fäulnisgase), grünlich schwärzlich verfärbt ist. Thymischer Fettkörper noch präparierbar. Von Thymussubstanz läßt sich nichts erkennen. Auch im Herzbeutel Fäulnisgase. Das Herz fühlt sich schlaff an. Seine Größe ist kleiner als die durch Fäulnisgase in der Haut verdickte Leichenfaust. Es findet sich auf dem rechten Herzen reichlich Fett. Die Sektion des Herzens ergibt in den weiten Herzhöhlen Gas, ausgesprochene Fäulnisröte der Herzinnenhaut, keine entzündlichen Veränderungen an den Klappen, an den Kranzgefäßen keine Lichtungsverlegung oder Innenhautverdickungen nachweisbar. Schnitte durch den Herzmuskel zeigen das Muskelfleisch bräunlich gelb, weich und matsch. Schwielen sind nicht erkennbar, keine Erweichungen, keine Blutungen. Auch keine Blutungen unter der Herzinnenhaut im Aortenausflußtrichter. Die Hauptschlagader zeigt keine fleckigen Verdickungen der Innenhaut, ebenso nicht die Innenhaut der großen Schlagader am Hals.

Die Mundhöhle ist mit schmieriger, schwärzlicher Flüssigkeit gefüllt. Zungenoberfläche stark schleimig schwärzlich. Gaumentonsillen als nicht vergrößert erkennbar. Durchschnitte zeigen nichts von Eiterherden, keine Blutungen, in der Speiseröhre kein Befund.

Die Verhältnisse des Kehlkopfes, sowie der Luftröhre ohne weitere Besonderheiten, abgesehen von einer grünlichen Verfärbung. Die Schilddrüse ist vergrößert. Im rechten wie linken Seitenlappen mehrere bis kirschgroße Knoten. Schnittfläche bräunlich. Man kann noch einen Colloidglanz feststellen. Die Lymphknoten an der Aufteilung der Luftröhre schwärzlich. Die Lungen sind frei im Brustfellraum beweglich, fühlen sich überall luftgefüllt an, keine entzündlichen Auflagerungen auf dem Lungen- oder Brustfell nachweisbar. Hie und da Gasbildung (Fäulnis) unter dem Lungenfell. Schnitte durch das Gewebe zeigen dasselbe feucht, nirgends Verdichtungen bis auf eine kleine schwärzliche Pleuraverdickung in der Spitze links. Die nach hinten gelegenen Teile des Unterlappens sind besonders saftreich, die Farbe hier blauschwarz und es läßt sich mit dem Messer reichlich dunkelschwarzbraune Flüssigkeit — Blut — abstreifen. An der Bronchialverzweigung nichts besonderes festzustellen. Als Inhalt im Bronchialbaum findet sich schwärzliche, z. T. grünlichschwärzliche Flüssigkeit.

Die weichen Schädeldecken durch Gas aufgetrieben, links an der Haargrenze im Bereich der Stirn eine ungefähr $1^1/_2$ cm lange Narbe, die in der linken Hälfte der Stirnbeinschuppe einer ebenso großen Knochenrinne entspricht. Es handelt sich hier offenbar um eine schon lange Zeit zurückliegende, vernarbte Wunde, die den Knochen in Mitleidenschaft gezogen hat. An der Außenfläche des Schädeldachs nichts besonderes. Dasselbe symmetrisch, mitteldick. Auch an der Innenfläche des Schädeldachs nichts besonderes festzustellen. Die harte Hirnhaut oberhalb der Großhirnhalbkugel grünlich-schwärzlich, Längsblutleiter leer. Nach Aufschneiden der harten Hirnhaut entleert sich breiig erweichte Hirnsubstanz, sowie Gas. Die Inspektion der Verhältnisse zeigt, daß das gesamte Großhirn durch Fäulnis fast vollkommen erweicht ist. Man kann nur noch undeutlich die Windungen erkennen. Beim Versuch, was noch einigermaßen fest ist, vom Großhirn herauszunehmen, bricht überall das überaus matsche Hirngewebe ein. Man sieht danach auf das Hirnzelt Blutungen hier: an der Unterfläche der harten Hirnhaut des Schädeldachs an der Hirnsichel nichts festzustellen, keine entzündlichen Auflagerungen. Bei Abtragen des Hirnzeltes zeigt sich die Substanz des Kleinhirns ebenfalls durch Fäulnis fast vollkommen erweicht, keine Blutungen, keine Verfärbungen, die auf Blutungen hindeuteten, sind festzustellen. Auch in dem Erweichungsherd nichts irgenwie auf Blutungen Verdächtiges, auch an der harten Hirnhaut der Schädelbasis keine Spuren einer Blutung, einer Entzündung. Die Blutleiter der harten Hirnhaut an der Schädelbasis, zum Teil leer, zum Teil mit schwärzlichem, mit Gasblasen durchsetztem, Blut gefüllt. Die Knochen der Schädelbasis unverletzt, wie sich nach Abziehen der harten Hirnhaut feststellen läßt.

Bei Eröffnung des Wirbelkanals zeigt sich das Gewebe auf dem Rückenmark von grünlich schwärzlicher Farbe. Am Rückenmark ist eine Blutung nicht festzustellen. Die Rückenmarksubstanz weniger weich als wie das Hirn, doch bricht sie auch bei vorsichtiger Herausnahme vielfach ein. Die Gefäße an der Unterfläche des Hirns erscheinen nicht verdickt in der Wandung; eine Lichtungsverlegung ist nicht festzustellen.

Herr Professor Schmincke konnte so bei der Sektion nur feststellen daß ein krankhafter Organbefund, der als Todesursache hätte angesehen werden können, nicht vorlag (Verwach-

sungen im Bereich des oberen Pols der Milz und die alte Knochenverletzung am Schädeldach waren in dem Sinne ohne Belang) und zwar ließ sich das, trotzdem die Fäulnis die Organe, besonders das Gehirn und Rückenmark weitgehend verändert hatte, mit aller Sicherheit sagen. Aeußere Verletzungen der Haut, wie sie als Folge der Blitzstrahlwirkung hätten angesprochen werden können, wie Haar- und Hautversengungen , Verbrennungen, Verletzungen und besondere Verfärbungen in Form von Blitzfiguren, ließen sich nicht nachweisen. Daß sie überhaupt vorhanden waren und infolge der Fäulnis sich dem Nachweis entzogen hatten, ist nicht anzunehmen, denn Köhler ist nicht direkt vom Blitz getroffen worden. Die oben erwähnten Veränderungen sind ja nur an den Körpern vom Blitzstrahl getroffener Menschen zu finden. Immerhin war gerade das Fehlen jeder makroskopisch erkennbaren krankhaften Organveränderung, die als Todesursache hätte in Betracht kommen können, nicht gegen die Annahme einer mit dem Blitzstrahl im Zusammenhang stehenden Todesart zu verwerten. Es ist bekannt, daß bei der Obduktion durch die Einwirkung hochgespannter Elektrizität ums Leben gekommener Menschen ein vom Normalen abweichender Organbefund häufig in ca. $^1/_5$ der Fälle vermißt wird. Es wurden daher von allen Organen bei der Sektion Stücke herausgeschnitten und eine mikroskopische Untersuchung derselben vorgenommen. Auf die protokollarische Wiedergabe des geweblichen Befundes der Schnittpräparate im Einzelnen kann verzichtet werden. Der Befund an den Organen der Brust- und Bauchhöhle kann dahin zusammengefaßt werden, daß trotz der weit fortgeschrittenen Fäulnis Abweichungen vom Normalen nicht erkennbar waren und Veränderungen, aus denen sich auf eine im Körper des Köhler bestehende Krankheit hätte schließen lassen, nicht festgestellt werden konnten. Von den bei der Sektion gewonnenen Hirnbröckeln wurden eine große Anzahl untersucht. Sie waren nach mehrtätigem Aufenthalt in härtender Flüssigkeit in einem Zustand, daß eine Untersuchung vorgenommen werden konnte, auch konnte das Rückenmark und seine Häute nach Härtung noch zur histologischen Untersuchung herangezogen werden. Es zeigten jedoch mikroskopisch die Schnitte derartig weitgehende postmortale Veränderungen und Gewebszersetzungen, daß über den Zustand der nervösen Substanz nichts mehr ausgesagt werden konnte. Besonders wurde auf das Verhalten der Hirn- und Rückenmarkshäute, sowie ihrer

Gefäße, auch der in der Hirn- und Rückenmarkssubstanz selbst geachtet. (Man findet in dem Hirn und Rückenmark durch Elektrizität Getöteter kleine Blutungen in der Wandung der Gefäße mit Austritt von Blut in die Umgebung s. o.) Aber selbst an subtil eingebetteten Schnitten zeigten sich die Verhältnisse durch Fäulnis derart verändert, daß nichts nach der Richtung festgestellt werden konnte.

So hatte auch die mühsame histologische Untersuchung nicht den gewünschten Erfolg, die Todesursache mit Sicherheit zu erweisen. Schuld an dem negativen Ergebnis war die weit vorgeschrittene Fäulnis. Es war von vornherein nicht anzunehmen, daß sie in dem Körper des K. innerhalb von 8 Tagen nach erfolgtem Tod schon so weit entwickelt sei, daß sie die Feststellung der Todesursache nicht mehr zuließ. In der Literatur ist öfters erwähnt, daß Leichen durch Blitz Getöteter besonders rasch faulten. Diese Ansicht läßt sich jedoch nicht halten. Zwischen Tod durch Elektrizität und frühzeitigem Eintritt der Fäulnis bestehen keine ursächlichen Beziehungen; sondern hierfür sind äußere Verhältnisse, hohe Temperatur, Liegenlassen der Leichen an der Luft, verantwortlich zu machen. Auch das auffallend schnelle Faulen der Leiche des K. hat in äußeren Verhältnissen seinen Grund. Der Todestag und die folgenden Tage waren ungewöhnlich heiß. In der Rheinebene, in der Iffezheim liegt, ist das Klima im Sommer an und für sich schon sehr heiß. In den Tagen, in denen die Leiche noch unbeerdigt war, soll die Luftwärme dort eine ganz besondere gewesen sein. Es ist weiter anzunehmen, daß die Temperatur der Erde, in die der Sarg zu stehen kam, eine hohe war. Der Teil des Friedhofs in Iffezheim, in dem K. bestattet ist, ist durchaus eben, ohne Baumbestand. Bei der langen Hitzeperiode muß so die Sonnenwärme bis in die Grabtiefe wirksam geworden sein. Das Grab hatte keinen Baumbestand und war absolut schattenlos. So läßt sich erklären, warum die Fäulnis besonders schnelle Fortschritte machte und das Bemühen der Exhumierung vereitelte. Es sei besonders darauf hingewiesen, daß nur diese äußeren Umstände es sind, die das negative Ergebnis der Leicheneröffnung zeitigten. Es ist in der forensischen Literatur gerade der letzten Jahre wiederholt darauf hingewiesen, daß Obduktion bis noch nach 6 Monaten nach erfolgtem Tode Aussicht auf Feststellung der Todesursache zulassen und Professor Schmincke selbst sieht

auf eine größere Anzahl von Exhumierungen zurück, bei denen es ihm noch bis nach 6 Monaten nach dem Tode gelungen ist, die Todesursache festzustellen und unklare Fälle einer Klärung entgegenzuführen.

Bei dem Fehlen objektiver, durch den Sektionsbefund gegebener Anhaltspunkte über die Todesursache des K. mußte versucht werden, auf Grund des vorliegenden Materials wenigstens zu einem Wahrscheinlichkeitsschluß über die Todesart zu gelangen. Es ist oben schon hervorgehoben, daß bei durch die Einwirkung elektrischer Energie um das Leben gekommener Menschen das Sektionsergebnis häufig völlig negativ ist. Das Fehlen eines krankhaften Organbefunds bei K., aus dem sich Schlüsse auf die Todesursache hätten ziehen lassen, spricht also nicht gegen die Annahme, daß der Tod in ursächlichem Zusammenhang mit dem Blitz, der in die Brauerei einschlug, steht. Wie ist dieser Zusammenhang vorstellbar? Besteht überhaupt die Möglichkeit, daß K. durch den Blitz, der in weiterer Entfernung von ihm niederging, so geschädigt werden konnte, daß der Tod eintrat? Die Frage ist nach Ansicht von Herrn Professor Schmincke zu bejahen. Die Möglichkeit kann in einer Fernwirkung der elektrischen Entladung gegeben sein, denn es ist bekannt, daß zur elektrischen Verunglückung nicht immer ein Kontakt notwendig ist, daß sie die Folge einer Fernwirkung sein kann, die bei Entladung elektrischer Hochspannung auftritt. Diese Fernwirkung hat wahrscheinlich in der Bildung von Extraströmen ihren Grund. Gegen die Möglichkeit, daß K. von einer derartigen Fernwirkung getroffen worden ist, könnte man anführen, daß dann doch auch die Mitarbeiter des K. hätten geschädigt werden müssen. Das war in erkennbarer Weise nicht der Fall. K. kann jedoch der Alleinbetroffene gewesen sein. Man weiß, daß bei elektrischen Unfällen alles darauf ankommt, ob die betreffende Person isoliert oder nicht steht. Es wäre möglich, daß der Standort des K. in dem Sinne ein ungünstiger war. So läßt sich auf Grund von bei elektrischen Unfällen gemachten Erfahrungen annehmen, daß K. durch die indirekte Einwirkung des Blitzes geschädigt worden ist. Diese Schädigung braucht nicht unmittelbar stärker in die Erscheinung getreten sein — es ist nur bezeugt, daß K. sehr blaß war —. Die ernste Wirkung elektrischer Schädigung braucht nicht immer unmittelbar aufzutreten, sondern kann sich auch nach Stunden einstellen. Wir dürfen uns ihre Wirkung, wie die der

direkten Einwirkung elektrischer Hochspannungen als Veränderungen des Hirns und seiner lebenswichtigen Zellager, auch der vom Gehirn ausgehenden Nerven, besonders des Herznerven-Vagus mit plötzlichem Herzstillstand vorstellen. Es ist nach der Meinung von Herrn Professor Schmincke durchaus möglich, daß K. infolge Fernwirkung des Blitzes so geschädigt worden ist, daß nach einem Verlauf von 2 Stunden plötzlicher Tod eintrat.

Das kann durchaus auch für wahrscheinlich gehalten werden, jedoch läßt sich der Beweis für die Schädigung, wie die Dinge nun einmal liegen, nicht führen. Das einzige, worauf nur wiederholt hingewiesen werden kann, ist, daß eine anderweitige Todesursache nicht gefunden werden konnte, sodann, daß K. bis kurz vor seinem Tod durchaus gesund erschien. Bei nach dem Tode von sachverständiger Seite vorgenommener Obduktion hätte sich der Fall wohl in einwandfreier Weise klären lassen. Daß es unter den vorliegenden Bedingungen nicht möglich war, ist in einer Häufung in der Hinsicht besonders ungünstiger Lage der Umstände zu suchen.

Zum Schluß sei es mir gestattet, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. A. Schmincke, für die freundliche Ueberlassung des Themas und die gütige Unterstützung in der Abfassung desselben, meinen aufrichtigen, herzlichsten Dank auszusprechen.

Literaturverzeichnis

Ascher, B.: Ein Fall von Verletzung durch Elektrizität. Ausgang in Demens. Medizinische Klinik 1912, S. 207.

Aschoff: Krehl Marchand Handbücher der allgemeinen Pathologie 1918, 1.

Delkeskamp, S.: Ueber Verletzungen durch den elektrischen Strom. Bruns Beitrag zur klinischen Chirurgie 141, 1927, 3/4.

Dick, A.: Ueber das Vorkommen von chronisch sich wiederholenden Anfällen von Vorhofflimmern nach Starkstromverletzungen. Schweiz. med. Wochenschrift 1928, Nr. 48.

Dugge, M.: Erhöhter elektr. Körperwiderstand, ein Zeichen für Vagotonie bei Barometersturz und Föhn. Schweiz. med. Wochenschrift 1928, Nr. 24.

Ueber die Beziehungen des elektrischen Gleichstromwiderstandes des menschlichen Körpers zur Witterung. Pflügers Archiv für die ges. Physiologie 218, 1927, 314.

Edenhofer 1: Ueber Elektrizitätstodesfälle. Münchner med. Wochenschrift 1929, 35.

Erpp: Archiv für klinische Medizin 1866.

Grunewald, M.: Die Eigenart des elektrischen Unfalls. Reichsgesundheitsblatt 791, Nr. 38.

Gübler, E.: Zur Kasuistik der tödlichen elektrischen Schädelverletzungen. Deutsche Zeitschrift für die ges. gerichtl. Medizin 8, 4.

Hellpach, W.: Geophysische Beeinflussung des Menschen III. Aufl.

Herrmann, G.: Ein Fall von organischer Nervenschädigung durch Blitzschlag. Medizinische Klinik 1923, S. 479.

Hoelper, O.: Einfluß der Luftelektrizität auf den Körper. Medizinische Welt 1931, Nr. 7.

Jaffé R. A. Willis D. u. Bachem: Ueber die nach elektrischen Gefäßwandschädigungen auftretenden Heilungsvorgänge. Centralblatt für allgemeine Pathologie und path. Anatomie 44, 1928, 8.

Jellinek, Samuel: Elektropathologie 1902, bei Enke Stuttgart.

Jellinek, Stefan: Der elektrische Unfall, skizziert für Arzt und Ingenieur. III. Auflage 1931 bei Deutike Wien und Leipzig.

Aufgaben und Ziele der Elektropathologie. Wien. klinische Wochenschrift 1929, Nr. 37.

Die forensische Bedeutung der elektrischen Strommarke. Beitrag zur gerichtl. Medizin 7, 1928.

Die Natur der elektischen Verletzungen und ihre Behandlung. Med. Klinik 1928, Nr. 49.

Natur und Behandlung der elektrischen Unfälle. Münchner med. Wochenschrift 1928, Nr. 48.

Durch ein elektrisches Bügeleisen verursachter tödlicher Unfall und dessen überraschende Aufklärung. Wien. med. Wochenschrift 1928, Nr. 12.

Streiflichter der elektropathologischen Klinik. Klin. Wochenschrift 1928, Nr. 25.

Klinische und patholog. anatomische Streiflichter der Elektropathologie. Med. Klinik 1927, Nr. 38.

Elektropathologische Studienergebnisse in klin. und path. anat. Hinsicht. Med. Klinik 1927, Nr. 15.

Elektropathologische Studienergebnisse. Med. Klinik 1927, Nr. 21.

Elektropathologische Studienergebnisse in klin. und path. anatom. Hinsicht. Wien. klin. Wochenschrift 1926, Nr. 41.

Kaehler: Luftelektrizität. Sammlung Göschen.

Kawamura: Elektropathologische Histologie. Virchows Archiv 231, 1927.
Kölliker: Zum Tod durch Elektrizität. Med. Welt 1929, Nr. 17.
Kuttner: Elektrische Unfälle. Med. Klinik 1927, Nr. 37.
Lasius, V. J.: Vorübergehende Herz- und Aortendilatation und Vestibularstörung bei einem 29jährigen Elektromonteur, verursacht durch Starkstromunfall von 50 000 Volt. Med. Klinik 1929, Nr. 29.
Leppin: Ueber Starkstromverbrennung. Münch. med. Wochenschrift 1928, Nr. 26.
Morgenstern: Zur pathologischen Anatomie des durch elektrischen Strom erzeugten Todes. Zentralblatt für allgem. Pathologie und pathologische Anatomie 1929, 8. 45.
Müller, R. F.: Elektrische Unfälle und erste Hilfe. Zeitschrift für ärztliche Fortbildung 79, 26. 1929., Nr. 5.
Panse, Fr.: Schädigung des Nervensystems durch technische Elektrizität mit Bemerkungen über den Tod durch Elektrizität. Abhandlungen aus dem Gebiete der Neurologie, Psychiatrie, Psychologie und ihren Grenzgebieten. Berlin 1931, S. Karger Verlag.
Schädigung des Nervensystems durch Blitzschlag. Monatsschrift für Psychiatrie und Neurologie, Band IX, 1928.
Pietrusky, F.: Ueber den tödlichen elektrischen Unfall. Med. Klinik 1930, Nr. 10.
Pietrusky, F.: Zur Begutachtung elektrischer Unfälle. Monatsschrift für Unfallheilkunde 1927, Nr. 121.
Ranci E. u. Cartellieri P.: Zur Kasuistik der elektrischen Unfälle. Wien. med. Wochenschrift 1929, Nr. 28, 25 u. 27.
Ranci E. Mayr L. u. Oberhammer K.: Ueber Starkstromverletzungen am Schädel. Deutsche Zeitschrift für Chirurgie 200.
Richter, C. P.: Nervous control of the electric resistance of the skin.
Stefan Jellinek, Wiener klinisch Wochenschrift 1932, 2, S. 38.
H. B. Schmid, Verhandlung der deutschen pathologischen Gesellschaft 1910.
Bulletin John Hopkin hospital 45, 1929, 1.
Schorer: Ueber den Einfluß der Luftelektrizität auf den Körper gesunder und kranker Menschen und über Versuche künstlicher Jonisation der Luft. Klin. Wochenschrift 1931, Nr. 6.
Schridde, H.: Die Anatomie der elektrischen Verletzungen. Mediz. Klinik 1928, Nr. 49.
Die Stromeintrittstelle beim elektrischen Unfall. Deutsche med. Wochenschrift 1926, Nr. 3.
Der elektrische Stromtod. Klin. Wochenschrift 1925, Nr. 45.
Die Stromeintrittsstelle beim elektr. Stromtod. Deutsche med. Wochenschrif. 1926, Nr. 38.
Schridde, H. u. Beckmann, A.: Experimentelle Untersuchungen über die Einwirkung des elektrischen Stromes auf die menschliche Haut. Virchows Archiv 1924, 252.
Schneider: Ueber das innere Geschehen beim Sterben durch elektrischen Strom. Wien. med. Wochenschrift 1929, Nr. 2.
Straßmann, G.: Beobachtungen bei elektrischen Todesfällen mit besonderer Berücksichtigung der Haut- und Haarveränderungen. Deutsche Zeitschrift für die ges. gerichtl. Medizin 9. 1927, 6.
Technische Mitteilungen Nr. 37 vom 12. Juli 1930 der Studiengesellschaft für Hochspannungsanlagen e. V. Gewitterforschung und Blitz.
Weigel, H.: Nervöse Folgeerscheinungen nach elektrischen Unfällen Monatsschrift für Unfallheilkunde H. 35. 1928, 2.
Wendriner, H.: Ueber Unfälle durch den elektrischen Strom. Dissertation Berlin 1905.

Lebenslauf

Ich, Brita Beutinger, bin am 16. November 1907 in Heilbronn a. N. als Tochter des Oberbürgermeisters Professor Emil Beutinger und dessen Ehefrau Albertina Beutinger, geb. Oestman, geboren.

Vom 6.—14. Lebensjahr besuchte ich das Lyzeum I in Wiesbaden, vom 14.—16. Lebensjahr die Mädchenrealschule zu Heilbronn und dann bis zum 19. Lebensjahr die Oberrealschule daselbst.

Ich studierte 4 Semester in Tübingen, 1 Semester in Kiel, legte die Vorprüfung im Sommer-Semester 1929 in Tübingen ab und war dann je ein Semester in München, Heidelberg, Berlin. Im Herbst 1932 habe ich das Staatsexamen in Heidelberg abgelegt und bin seit Januar 1933 als Med.Prakt. im Städt. Krankenhaus Heilbronn.